

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Electrotecnia y Computación



**TESIS MONOGRAFICA TITULADA:**

**“NICARAGUA Y LA GENERACION DISTRIBUIDA:  
APLICACIÓN DOMICILIAR, COMERCIAL E INDUSTRIAL”**

**Realizado por:**

**Br. Grethel de Fátima Sánchez Mcrea 2010-33110**

**Tutor:**

**Ingeniero Ramiro Arcia Lacayo.**

**Octubre, 2015**



## **Dedicatoria**

Primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y así lograr culminar con éxito mis estudios universitarios, por brindarme salud, fortaleza, sabiduría, perseverancia, además de su infinita bondad y amor, así como darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr cumplir las metas propuestas.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Además de compartir sus ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha inculcado siempre.

A mi tutor por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios universitarios, por su apoyo ofrecido en este trabajo, por haberme transmitidos los conocimientos obtenidos y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje y motivación para la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que me han apoyado de manera incondicional brindando su ayuda para continuar logrando las metas propuestas.

## Resumen Ejecutivo

El presente documento consta de 3 partes: La primera parte se refiere a los alcances del presente trabajo de investigación, tales como introducción, antecedentes, justificación, objetivos y marco teórico donde se describen los tipos de Generación Distribuida existentes actualmente.

En la segunda parte se explican las razones de la selección del sistema de Generación Distribuida Solar así como los componentes y diferencia entre los componentes de un sistema solar sencillo y uno que trabaja como Generación Distribuida Solar.

En la tercera parte se empieza con las consideraciones generales relativas a los tres casos de estudio, luego se procede a analizar los tres casos de estudio, domiciliario, comercial e industrial y se listan las ventajas y desventajas de los mismos.

Finalmente se hace referencia a la importancia del medio ambiente con respecto a estos sistemas, terminando con la redacción de las conclusiones, la inclusión de anexos y la bibliografía utilizada.

**Tabla de contenido**

Índice de Tablas..... 6

Índice de Imágenes..... 7

Antecedentes ..... 9

Justificación ..... 11

Objetivos..... 12

Marco Teorico ..... 13

Aplicaciones de la Generación Distribuida..... 14

Beneficios de la Generación Distribuida ..... 15

Barreras y limitaciones de la Generación Distribuida..... 16

Calidad en el Suministro ..... 17

Estabilidad del sistema eléctrico con Generación Distribuida ..... 17

Clasificación de la Generación Distribuida..... 18

Tecnologías utilizadas en la Generación Distribuida ..... 19

Selección del tipo de Generación Distribuida a utilizar ..... 20

Generación Distribuida con Paneles Fotovoltaicos..... 21

Agentes del sistema descentralizado (Generación Distribuida) ..... 22

Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas ..... 24

Elementos de una instalación solar fotovoltaica ..... 26

Inversores en instalaciones conectadas a la red (Grid Tie Inverter) ..... 34

Generación Distribuida con conexión a red casos de estudio..... 39

Caso 1. Sistema domiciliario..... 42

Caso 2. Sistema Comercial..... 45

Caso 3. Sistema Industrial ..... 47

Ventajas y desventajas de la Generación Distribuida Solar..... 49

La Generación Distribuida Solar y el Medio Ambiente..... 50

Conclusiones ..... 53

Recomendaciones ..... 53

Bibliografía ..... 54

**Índice de Tablas**

Tabla 01. Tipos de baterías con características básicas.....32

Tabla 02. Ventajas y desventajas de los tipos de baterías de plomo-acido.....32

Tabla 03. Características del panel solar para el Sistema Domiciliar.....43

Tabla 04. Presupuesto para el desarrollo del Sistema Domiciliar.....45

Tabla 05. Características del panel solar para el Sistema Comercial.....46

Tabla 06. Presupuesto para el desarrollo del Sistema Comercial.....47

Tabla 07. Características del panel solar para el Sistema Industrial.....48

Tabla 08. Presupuesto para el desarrollo del Sistema Industrial.....48

## Índice de Imágenes

Fig. No.01: Generación Distribuida.....	13
Fig. No.02: Beneficios de la Generación Distribuida.....	15
Fig. No.03: Sistema de Almacenamiento.....	21
Fig. No.04: Instalación Solar.....	24
Fig. No.05: Huerto Solar.....	25
Fig. No.06: Elementos de una Instalación Solar.....	26
Fig. No.07: Celda Solar.....	26
Fig. No.08: Panel Solar.....	28
Fig. No.09: Regulador.....	29
Fig. No.10: Batería.....	30
Fig. No.11: Inversor.....	33
Fig. No.12: Contador Eléctrico.....	37
Fig. No.13: Consumo no permitido para el medidor.....	40
Fig. No.14: Consumo permitido para el medidor.....	40
Fig. No.15: Conexión del inversor al panel en una casa.....	41
Fig. No.16: Caso Domiciliar.....	42
Fig. No.17: Arreglo de paneles solares del Sistema Domiciliar.....	44
Fig. No.18: Seriado de Batería.....	44
Fig. No.19: Caso Comercial.....	45
Fig. No.20: Arreglo de paneles solares del Sistema Comercial.....	47
Fig. No.21: Caso Industrial.....	47
Fig. No.22: Arreglo de paneles solares del Sistema Industrial.....	48

## Introducción

La Generación Distribuida puede ser definida como generación a pequeña escala conectada a la red de distribución o del lado del usuario. En base a su definición puede ser denominada como Sistema Descentralizado.

Por su generalidad y capacidad de explicación de su contenido y características, la Generación Distribuida presentara tres aspectos básicos:

- La Generación Distribuida o dispersa, donde las instalaciones varían típicamente de los pocos kilovatios hasta las decenas de megavatio.
- El almacenamiento de energía.
- La gestión de la red, entendido como únicamente la necesaria para el microsistema formado por el generador y su(s) usuario(s) final(es).

La importancia de la Generación Distribuida ha sido rápidamente reconocida tanto por tecnólogos como por los clientes energéticos o las administraciones públicas. Es considerada como una fuente de energía eléctrica conectada al sistema de potencia en un punto muy cercano o en la ubicación del consumidor, ya sea del lado del consumidor o de la red, que es suficientemente pequeño en comparación con las plantas centralizadas.

La dificultad que la red de transporte y distribución encuentra para responder a las demandas de energía eléctrica de calidad, de la que la economía digital es agudamente dependiente supone una importante fuerza motriz que actúa en el nuevo planteamiento del negocio eléctrico y su punta de lanza, la Generación Distribuida.

En el presente trabajo se pretende analizar tres casos de estudio donde se implemente la Generación Distribuida, en el área Residencial, Comercial e Industrial, se definirán las ventajas y desventajas que presente cada sector además de relacionar la Generación Distribuida Solar con el medio ambiente.

Tanto en el sector industrial como en el comercial se consideran cargas continuas a manera de justificar el ahorro vía el nuevo sistema en las horas de luz solar. Para el caso industrial son 12 horas y para el comercial son 8 horas que es el tiempo que dura la jornada laboral promedio en nuestro país.

En el caso domiciliario aunque la carga no es continua porque día a día sufre variación se considera el caso de máxima demanda lo que justifica el tamaño del inversor seleccionado.



## Antecedentes

Uno de los conceptos más interesantes que ha tenido cuerpo en el mundo de la energía eléctrica en los últimos años del siglo XX y el inicio del siglo XXI es el que se denomina Generación Distribuida.

Las primeras pequeñas unidades de generación que se instalaron en el mundo seguían una estrategia que hoy se llamaría Generación Distribuida, es decir, construir centrales eléctricas dentro de la misma área de consumo, a medida que la industria crecía, la mayoría de las instalaciones industriales construyeron centrales para cubrir sus propias necesidades y vender a los clientes situados en las proximidades, lo que constituye otro precedente de Generación Distribuida.

Sin embargo, el rápido desarrollo tecnológico que le sucedió, llevó a construir centrales eléctricas más grandes, eficientes y más lejos del usuario final. Las grandes redes de transporte permitían el suministro a la red de distribución local y finalmente al cliente final. La industria estaba entonces regulada de forma que estos cambios se iban produciendo de una forma eficiente, movida por economías de escala, limitándose por tanto, el papel que jugaba la Generación Distribuida.

En Centroamérica son pocos los países que han implementado y han regulado legalmente el uso de la Generación Distribuida, otros países implementan el uso de dicha generación pero legalmente no está regulada.

A continuación se presentan los países que han utilizado la Generación Distribuida:

Costa Rica: Desde hace 4 años el ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) cuenta con un plan piloto de Generación Distribuida, el que reúne a unos 260 clientes. De ellos el 98% genera a pequeña escala energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.

Guatemala: Se han realizado estudios para la implementación y difusión de la Generación Distribuida mediante energías alternas renovables y se encontraron algunas barreras las que básicamente se deben a: estructuras energéticas existentes (regulación del sector eléctrico, resistencia de las empresas eléctricas a la generación descentralizada), políticas regionales y nacionales. Aunque actualmente en Guatemala ya existe una norma que habla acerca de la Generación Distribuida, otras barreras fueron económicas y técnicas.

Panamá: Existe una regulación de Generación Distribuida desde hace varios años, sin embargo apenas se han instalado sistemas fotovoltaicos bajo la misma. El único proyecto de megavatios en construcción en el país hasta la fecha es la planta fotovoltaica de Sarigüa, de 2,6 megavatios de potencia.

En Nicaragua no se encuentra regulada la Generación Distribuida pero algunos comercios la han implementado. En lo que refiere a la legalidad se ha realizado una propuesta para que sea considerada la necesidad y urgencia de crear una Normativa de Generación Distribuida la cual coloque a Nicaragua en la línea adecuada de competitividad a nivel regional e internacional.

Tanto en América del Norte como en Europa, también se han realizado esfuerzos por tener mejores opciones de energía como lo mencionado a continuación:

En Estados Unidos, uno de los Estados Pioneros en legislación sobre la Generación Distribuida ha sido Colorado, EUA que en 2010 promulgo una ley obligando a que en 2020 el 3% de la energía generada en Colorado utilice Generación Distribuida en alguna de sus formas.

En España, puede “asimilarse” la Generación Distribuida al Régimen Especial (RE).

A nivel Europeo y principalmente en Estados Unidos, son utilizados los conceptos de Generación Distribuida, y Recurso de Energía Distribuida (Distributed Energy Resource, DER, en inglés) que agrupa tanto la Generación Distribuida como el almacenamiento de energía.

## Justificación

El presente trabajo pretende ser pionero en un campo que viene tomando un auge cada vez mayor a nivel mundial, por su propia característica. La Generación Distribuida, es algo que oficialmente no se conoce en Nicaragua, y que como su nombre lo dice, toca directamente el ámbito de la energía eléctrica, por tanto la Ingeniería Eléctrica como tal.

Y es que la escasez y/o carestía del petróleo cada día más fuera de nuestro alcance como nación, nos obliga a buscar todas las alternativas posibles para intentar mantener los niveles de comfort o el standard de vida al que nos acostumbramos con los combustibles fósiles.

¿Servirá en todos los escenarios de la vida diaria de nuestro país? ¿A nivel domiciliario podrá ser una alternativa? ¿Acaso la vida comercial no sufrirá cambios al aplicarlo? ¿Nuestras industrias se verán beneficiadas por esta alternativa energética o definitivamente deberemos poner nuestras esperanzas en algo distinto?

Por lo antes mencionado, este trabajo se enfoca en responder todas esas interrogantes y más allá de eso, el establecer si su adopción no es económicamente caótica para la economía de estos sectores en general. Haciendo uso de los conocimientos tanto técnicos como económicos obtenidos a lo largo y ancho del desarrollo de la carrera se logrará descifrar la incógnita planteada en este trabajo: ¿Es la Generación Distribuida una alternativa energética para Nicaragua?

No se pretende abarcarlo todo ni saberlo todo, hay mucho que decir y que hacer sobre Generación Distribuida, producto de su uso en latitudes y realidades distintas a la nuestra.

Al hacer uso de la transferencia tecnológica, la misma podrá ser aprovechada en beneficio del país, gracias a la llamada era de la información y el conocimiento.

## Objetivos

### Objetivo general

Determinar la aplicabilidad de la Generación Distribuida en los tres sectores más importantes de Nicaragua: Domiciliar, Comercial e Industrial

### Objetivos específicos

1. Seleccionar el tipo de Generación Distribuida a utilizar.
2. Determinar la aplicabilidad de la Generación Distribuida Solar a nivel Domiciliar, Comercial e Industrial
3. Mostrar las ventajas y desventajas de la Generación Distribuida Solar a nivel Domiciliar, Comercial e Industrial
4. Relacionar a la Generación Distribuida Solar con el medio ambiente.

## Marco Teorico

Energía y desarrollo son dos conceptos estrechamente unidos. El acceso a la energía permite utilizar un número mayor de recursos de una manera más eficiente y proporcionar mejor cobertura a las necesidades más amplias de la sociedad. Un suministro energético suficiente, adecuado, de calidad y ambientalmente aceptable, queda ligado al desarrollo de la sociedad.



*Fig. No.01: Generación Distribuida.*

*Fuente: [www.ecologiaverde.com](http://www.ecologiaverde.com)*

Desde tiempos remotos la humanidad se ha visto en la necesidad de contar con fuentes de energía que permitan suplir las necesidades energéticas para la producción de bienes y servicios así como la realización de actividades cotidianas. En la actualidad suplir esta necesidad implica llevar a cabo un complejo proceso, el cual inicia con la generación de electricidad a partir de diversas fuentes y continúa con la transmisión y distribución de la energía eléctrica a los grandes centros de consumo.

En sus comienzos la generación eléctrica se hacía de manera distribuida mediante sistemas de vapor, gas, carbón o hidráulico, a medida que la demanda comenzó a incrementarse la energía se convirtió en un insumo fundamental así se dio paso a la generación centralizada, la cual se consolidó como la estructura base para cumplir con la demanda exigida por los usuarios. Sin embargo, la generación distribuida es un concepto que en el contexto actual ha venido retomando fuerza, debido a factores tecnológicos, ambientales, condiciones de mercado y regulaciones. Todos estos factores están llevando a que la Generación Distribuida sea una opción para suministrar la energía que los usuarios están demandando.

Al hacer uso de la Generación Distribuida se puede desarrollar un negocio en el suministro de servicios eléctricos de alta calidad sin pasar por el esquema de sistema centralizado ni por sus agentes tradicionales o por las empresas de servicio público energético. No solo se abre para estas la puerta de la pérdida de un mercado controlado, sino que además desaparece la justificación tradicional de estabilidad basada en el monopolio natural del negocio eléctrico y aparece un riesgo regulatorio claro, en función de cómo el regulador pueda entender esa ruptura como una palanca para remover los obstáculos, más o menos ligados al concepto del sistema centralizado, en que se encuentra la libre competencia energética.

## Nuevo Modelo Energético

La Generación Distribuida supone una alteración conceptual importante del negocio eléctrico, su origen es múltiple, es un cambio tecnológico de características radicales, la cual ocasionara una nueva visión del negocio energético, una nueva cadena de valor y un importante conjunto de oportunidades.

La Generación Distribuida constituye no solo un reto tecnológico y empresarial de enorme interés, sino también una iniciativa que puede tener significativas ventajas ambientales, y esta consiste en producir electricidad lo más cerca posible del usuario final, permite mejorar el rendimiento energético, con todo lo que ello supone de reducción del consumo de energía primaria y de disminución de emisiones contaminantes a la atmosfera.

La Generación Distribuida es una perspectiva de futuro que se observa con gran interés, es una buena alternativa para garantizar la continuidad y calidad del suministro. Pero lo es más todavía en un aspecto crucial: el de que cada ciudadano entienda que la generación eléctrica es una base importante de su bienestar, es algo cercano, próximo y necesario.

En lo que se refiere a la Generación Distribuida tiene un papel importante en la producción de energía eléctrica y de calor que la hace cada vez más atractiva por una eficiencia y proximidad al cliente. Los muy diversos procesos que se engloban bajo esta denominación genérica son hoy posibles gracias al desarrollo tecnológico que se ha producido, que para algunas tecnologías ya permite disponer de máquinas y sistemas fiables con costos cada vez más reducidos que se están introduciendo en el mercado con rapidez.

La Generación Distribuida cercana al punto de uso reduce la necesidad de inversiones en transporte y distribución y a la vez resuelve muchas de las limitaciones del sistema y elimina pérdidas en las líneas.

### **Aplicaciones de la Generación Distribuida**

Las principales aplicaciones de Generación Distribuida y los Sistemas Descentralizados en general, se podrían clasificar en cinco categorías generales, las cuatro primeras dominadas por el punto de vista del usuario y la quinta por el punto de vista de la empresa eléctrica del Sistema Centralizado.

1. Aplicaciones aisladas, fuera de la red, en particular lugares remotos.
2. Aplicaciones donde sea necesaria una alta fiabilidad o respaldo a la red.
3. Aplicaciones donde la calidad del suministro sea el punto crítico.
4. Aplicaciones donde se pueda conseguir un rendimiento económico superior.
5. Aplicaciones donde la generación, transporte o distribución de una compañía eléctrica tradicional a una determinada zona no permite un suministro adecuado a las necesidades de sus clientes

## Beneficios de la Generación Distribuida

La Generación Distribuida tiene beneficios potenciales para los usuarios, productores y el mercado en su conjunto, además de presentar beneficios técnicos, económicos y medioambientales detallados a continuación:



*Fig. No.02: Beneficios de la Generación Distribuida.*

*Fuente: [www.renovarte.es](http://www.renovarte.es)*

### Para el Cliente Eléctrico:

- ✓ Proporcionar flexibilidad de emplazamiento por sus pequeños tamaños.
- ✓ Permite asegurar la fiabilidad del suministro de energía.
- ✓ Da lugar a una mayor eficiencia para aplicaciones locales, evitando pérdidas en el transporte y distribución.
- ✓ Permite ahorros en la tarifa eléctrica por medio de la autogeneración durante horas pico de alto costo.

### Para el Generador:

- ✓ Limita el riesgo de la inversión debido al tamaño, flexibilidad de emplazamiento y rápida instalación.
- ✓ Evita inversiones innecesarias igualando los aumentos de capacidad de crecimiento de la demanda.
- ✓ Ofrece otra opción de entrada en un mercado energético competitivo.
- ✓ Abre mercados en zonas remotas donde no existe red de transporte y red de distribución.

### Para el Mercado y el Entorno:

- ✓ Reduce las emisiones a través de una mayor eficiencia y uso de los recursos.
- ✓ Responde al aumento de demanda de energía, esencial para mantener la competitividad.
- ✓ Mejora la productividad y fiabilidad de la energía suministrada.
- ✓ Mejora la planificación energética al incorporar nuevas opciones.

### Beneficios técnicos:

Los beneficios técnicos recopilan varios temas como lo son: la utilización de generación en los picos de máxima demanda, incremento de la eficiencia del sistema, disminución de las pérdidas al reducirse la distancia de transmisión, operación de la red de distribución con los perfiles de voltajes más estables y disminución de la probabilidad de fallas. Además, si llegara a producirse una falla en el sistema de potencia, se podría restablecer el servicio en el menor tiempo posible, debido a que se cuenta con múltiples respaldos. Todo esto se traduce en un aumento de confiabilidad del sistema.

## Beneficios económicos:

Al ser los equipos más pequeños y flexibles podrían producirse en masa por parte de la industria, lo que disminuiría su costo considerablemente. La disminución de las pérdidas por transporte también se refleja en un ahorro económico por parte del operador, el consumo de combustible se reduce al aumentar la eficiencia del sistema, se disminuye los costos que hay que pagar por penalizaciones en el momento de dejar de suministrar energía eléctrica a una determinada zona, debido a que la confiabilidad del sistema se incrementa y finalmente una reducción de costos en los picos de máxima demanda.

## Beneficios medioambientales:

La posibilidad de producir energía mediante fuentes renovables como paneles fotovoltaicos y turbinas eólicas, reduce drásticamente la emisión de dióxido de carbono al aire, así como también el uso eficiente de la energía eléctrica en los procesos de cogeneración, hacen que se produzca energía limpia y amigable con el medioambiente.

## **Barreras y limitaciones de la Generación Distribuida**

A la hora de diseñar y aprobar un modelo normativo que ordene la instalación y explotación de estos sistemas, la cuestión fundamental desde el punto de vista del regulador es la maximización del bienestar social, dando mayor peso a la protección de los intereses de los consumidores, promoviendo en la medida de lo posible la competencia. Por ese motivo, los reguladores considerarían la tecnología subyacente a la actividad denominada generación descentralizada, la aportación al beneficio de los consumidores de la entrada en el mercado de estos sistemas, y la interacción y conexión con el resto de los agentes del mercado eléctrico.

En función de su naturaleza de actividad de generación de energía eléctrica, la actividad de generación de electricidad por sistemas descentralizados es una actividad competitiva. El modelo de competencia de estas tecnologías podría estar más basado en la diferenciación del producto, a través del suministro de servicios de valor añadido.

La introducción de la Generación Distribuida a la red se ha visto obstaculizada por múltiples factores, los cuales han frenado el proceso de incursión de este nuevo tipo de generación, entre los cuales encontramos:

- La tecnología disponible para esta nueva generación aún se encuentra en desarrollo, por lo que en la actualidad es muy costosa y la inversión inicial para un nuevo proyecto es alta.
- Al disponerse de un flujo bidireccional, surge la necesidad de utilizar nuevos equipos de medición y de protección.



- En los sistemas fotovoltaicos y las celdas de combustible, la generación de electricidad es corriente directa, por lo que se necesitarían convertidores. La conexión de estos equipos podría traer problemas en la red de distribución al presentarse la posibilidad de inyectar armónicos a la red.
- Por otra parte está la problemática del sistema regulatorio, donde se incentiva la generación centralizada, ya que los sistemas fueron concebidos en su totalidad pensando en una generación centralizada.

## **Calidad en el Suministro**

La generación eléctrica “on site” en el propio centro de consumo, puede mejorar tanto la calidad como la disponibilidad del suministro, especialmente cuando está respaldado con suministro de red. Esta aplicación requiere de una tecnología capaz de operar de forma continua, actualmente muchos negocios podrían instalar unidades de Generación Distribuida para protegerse del riesgo y del coste de faltas de suministro.

Las residencias y pequeños establecimientos comerciales que están ubicados lejos del sistema de distribución pueden optar por generar su propia energía “on site”. Esto evitaría los costos de conexión a la red y cualquier problema asociado con una posición al final de una larga línea de transmisión, la eliminación de estos problemas, que incluyen cortes de suministro y baja calidad de la energía, producen las condiciones económicas necesarias para el uso de las tecnologías de Generación Distribuida en este tipo de emplazamientos.

## **Estabilidad del sistema eléctrico con Generación Distribuida**

La Generación Distribuida en la que se considera también los sistemas de almacenamiento integrados en ella, que se conecta generalmente a las redes eléctricas existentes en el nivel de la distribución puede afectar significativamente a la estabilidad de los sistemas y en ello a los tres tipos de estabilidad, es decir la de ángulo de carga, la de frecuencia y la de tensión.

Las cuales son detalladas a continuación:

1. Estabilidad de ángulo de carga: definida por la capacidad de mantener el sincronismo entre las máquinas síncronas durante el funcionamiento normal. Esta estabilidad depende de la capacidad de mantener o recuperar el equilibrio entre los pares mecánicos y electromagnéticos.
2. Estabilidad de frecuencia: capacidad de un sistema de potencia para mantener la frecuencia dentro del margen nominal, después de una fuerte perturbación. Esta forma de estabilidad depende de la capacidad de restaurar el equilibrio entre la generación y el consumo con una pérdida mínima de carga conectada.

3. Estabilidad de tensión: relacionada con la capacidad de mantener tensiones aceptables en todos los nudos del sistema durante el funcionamiento normal y después de haberse producido una perturbación en el sistema. El factor principal causante de la inestabilidad de tensión es la falta de capacidad del sistema para mantener en todos los puntos.

Con elevados niveles de penetración de la Generación Distribuida, especialmente con energías renovables, la contribución de estos generadores dispersos a la seguridad del sistema eléctrico será cada vez más importante. En el caso de las redes interconectadas los aspectos prioritarios serán los de estabilidad de ángulo de carga y estabilidad de tensión; en los sistemas aislados los problemas más importantes estarán ligados a la estabilidad de la frecuencia.

### **Clasificación de la Generación Distribuida**

La generación distribuida puede clasificarse de acuerdo con varios criterios: según la tecnología utilizada, se clasifica en renovable y no renovable, aunque también puede clasificarse según la oferta del mercado, la disponibilidad y la duración del suministro de energía. Una clasificación más completa y que brinda una idea general del potencial de la generación distribuida, es la que se realiza teniendo en cuenta el uso de la energía generada. Esta clasificación se presenta a continuación:

#### **Generación para soporte de la red de distribución:**

Es la generación que sirve como soporte a la red de distribución ante pérdidas del suministro de energía eléctrica para aquellas cargas sensibles, como lo son hospitales e industrias. De esta forma se aumenta la confiabilidad del sistema eléctrico.

#### **Generación en isla:**

Esta clase de generación es propia de poblaciones aisladas, que se encuentran por fuera del sistema interconectado nacional, debido a obstáculos geográficos que dificultan el suministro de energía, de manera que conectarse a la red es muy costoso y se requiere de una central que genere la energía necesaria para dicha población.

#### **Generación para picos de carga:**

El costo de la energía eléctrica varía dependiendo de la curva de demanda y la generación disponible para los diferentes periodos del día. Por tanto, este tipo de generación es usada para reducir los costos de energía en los periodos donde se presenten picos de demanda, principalmente en el sector industrial. Esto implica que la industria podría generar su propia energía en los picos de demanda donde costo del kilovatio es más caro y autoabastecer su demanda a un precio menor.

## **Generación combinada de energía térmica y eléctrica (CHP, siglas en inglés):**

Este tipo de generación es un proceso de un alto nivel de eficiencia eléctrica al producirse simultáneamente energía eléctrica y energía térmica. Es ampliamente utilizado en los hospitales e industrias.

## **Generación para carga base:**

Este tipo de generación es continua e interconectada a la red, por medio de lo cual se puede interactuar con el sistema: suministra parte de la energía requerida y aumenta la confiabilidad, al mejorar los perfiles de voltaje y reducción de pérdidas.

## **Tecnologías utilizadas en la Generación Distribuida**

En la Generación Distribuida se puede encontrar múltiples fuentes de energía para llevar a cabo el proceso de generación de electricidad a partir de los recursos naturales y por medio de combustibles.

### **Micro turbinas:**

Las micro turbinas constituyen una tecnología con un crecimiento reciente en el tema de la generación distribuida. En el mercado se pueden encontrar turbinas con potencias de 15 Kw a 300 Kw por unidad. Su eficiencia llega al 80%, son livianas por lo tanto ocupan menos espacio y además de esto requieren poco mantenimiento.

Su funcionamiento puede ser de cuatro tipos diferentes: en modo isla (sin conexión a la red), interconectado a la red de distribución, conectada de forma paralelo, permitiendo interacción con el sistema y por último puede estar conectada de forma continua o esporádicamente. Además de utilizar gas natural, también pueden operar con keroseno, gasolina, propano, diesel, etanol y biomasa.

### **Celdas de combustible:**

Las celdas de combustible son utilizadas para generar energía eléctrica a partir de reacciones químicas, a través de un proceso electromecánico, en el cual el hidrógeno y el oxígeno son combinados para producir electricidad sin que se produzca una combustión. Éstas pueden utilizar varios combustibles enriquecidos con hidrógeno como gas natural, biogás, propano o gasolina.

### **Paneles fotovoltaicos:**

Son paneles que absorben energía solar, donde los fotones entran en contacto con los electrones y producen corriente eléctrica DC. Normalmente se encuentran en un rango de potencias de 1 kW a 100 kW y su eficiencia puede variar entre un 5% y un 15%. Es una fuente de energía renovable por lo que ayuda a cuidar el medio ambiente y posee una vida útil bastante elevada. Entre sus desventajas cabe mencionar que son costosos y las condiciones ambientales afectan su rendimiento.

## **Turbinas eólicas:**

Están formadas por un conjunto de hélices, de entre 10 y 30 metros de longitud, las cuales están adosadas a un eje y su movimiento hace girar un generador o un motor, para producir electricidad la cual es almacenada o entregada directamente a la red. Son turbinas de pequeña escala, generalmente de 25 kW a 100 kW. Son una fuente de energía renovable por lo que no tiene emisiones de dióxido de carbono y su principal desventaja es el costo.

## **Selección del tipo de Generación Distribuida a utilizar**

Como se estableció en los tipos de Generación Distribuida, esta tiene muchas y variadas formas así como combinaciones. Existe la que usa combustibles fósiles mezclada con energía renovable, así como las que solo usan energía renovable.

Siembre el objetivo que se persigue es reducir tanto la contaminación como el pago de la factura petrolera. Todo esto pasa por la simplicidad de su instalación así como la rapidez de su puesta en marcha, lista para generar.

Cuando se echa un vistazo a los tipos, en los casos de estudio no se va a utilizar ninguna que ver con el uso de combustibles fósiles, por aquello de la contaminación, ya que no se estaría protegiendo nuestro medio ambiente y por los costos involucrados de transporte, infraestructura y manejo de los combustibles fósiles por mucho que formen parte de una combinación con Energía Renovable para usar la Generación Distribuida.

Solo quedan tres tipos de Generación Distribuida a considerar: Eólica, celdas de hidrogeno y Solar Fotovoltaica.

En el caso de la Eólica sus costos de instalación, mantenimiento y utilidad dependen de un factor clave: la velocidad del aire que no es igual en toda Nicaragua, lo que implica que la altura de los Aerogeneradores así como su potencia y número estarán en función de ese parámetro. Por tanto sus costos de equipos y mantenimiento de la infraestructura no serán bajos y su dependencia anteriormente expuesta limitare los ámbitos de aplicación.

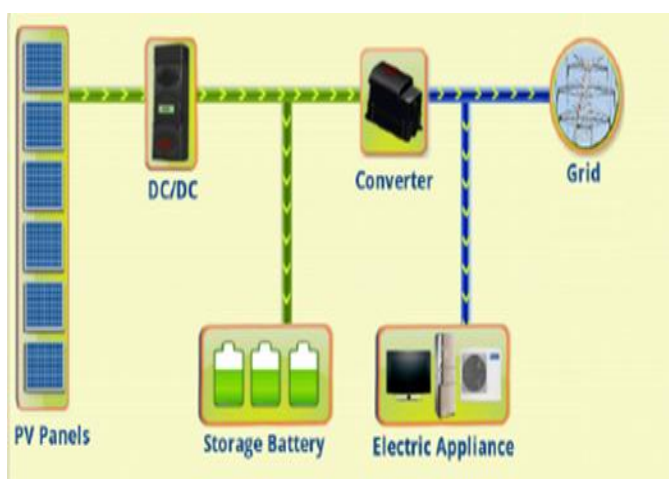
En el caso de las celdas de hidrogeno, esta tecnología en Nicaragua está en sus comienzos. Su aplicación tal como se ha presentado a nivel internacional está destinada y por tanto más desarrollada hacia el área de los vehículos o transporte, como un reemplazo de la gasolina o el diesel. Sus aplicaciones industriales en la producción de energía están en sus inicios por lo que no se dispone de lo necesario para considerarla de manera razonable además que los costos iniciales son muy altos.

El sol con su aprovechamiento a través de paneles solares de forma aislada ya se conoce en nuestro país desde hace más de 15 años por lo que existen empresas que proporcionan el servicio de instalación de sistemas fotovoltaicos para generar energía en sitios donde la red no llega, y con la excepción de impuestos para paneles solares decretada años atrás, esto es un ingrediente atractivo para su uso cada vez más recuente.

Con esta experiencia de las compañías que vienen usando la tecnología solar, aparecieron 203 que actualmente usan la Generación Distribuida Solar para todo tipo de usuarios, pero como sus costos iniciales son altos, además de la poca propaganda, la falta de legislación del país en esta materia así como la poca beligerancia de la compañía distribuidora hacen que no se conozca, y no se avance en esa dirección.

El presente trabajo pretende sumar puntos en la dirección correcta de la Generación Distribuida Solar para que se conozca, se entienda y se utilice cada vez en los sectores mencionados aquí, aunque se tiene claro que no será de uso masivo por sus altos costos iniciales por la difícil situación económica que atraviesa la población, lo que se manifiesta en el alto índice de desempleo actual. Queda sin embargo como una alternativa para quienes de manera individual, comercial o industrial la puedan pagar.

### Generación Distribuida con Paneles Fotovoltaicos



*Fig. No.03: Sistema de Almacenamiento.*

*Fuente: BYD DESS solutions*

La tecnología de las celdas fotovoltaicas para la explotación de la energía solar es una de las fuentes renovables más conocidas. Tecnología de la Generación Distribuida que convierte la energía solar en electricidad. La potencia de un solo modulo varía entre 50 y 100 W, su eficiencia es de hasta un 25% en la actualidad. La estructura de un panel fotovoltaico está constituida por un número de módulos dispuestos en una estructura en paralelo y en serie. A diferencia de otras unidades de Generación Distribuida, los sistemas fotovoltaicos poseen un costo de inversión alto, y de operación

Los sistemas de generación fotovoltaicos se pueden dividir en tres segmentos:

1. Funcionamiento Aislado: se usa en localizaciones que no tienen acceso a la red de distribución y necesita el uso de baterías y de un regulador de carga.
2. Funcionamiento Híbrido: supone que las placas fotovoltaicas se conectan en paralelo con otra fuente de generación, como un motor diesel o un generador eólico.

3. Conectados en paralelo con la red: el consumo se alimenta de los paneles fotovoltaicos o de la red, conmutado mediante un inversor. Esta solución presenta la ventaja de no necesitar batería ni un regulador de la carga, con lo que se reducen las pérdidas y la inversión necesaria. Es de vital importancia saber que se conectan a la red de distribución mediante inversores. Es una tecnología muy intensiva en capital pero sin costo en combustibles. Sus ventajas son que no necesitan mantenimiento y que permiten alimentar consumos alejados de redes de distribución.

En términos económicos reducidos la inyección a la red de electricidad generada por medios fotovoltaicos solo se justifica, si el costo no es comparable a la energía generada por medios convencionales. En el presente esto no sucede pero aun así otros motivos tales como preocupación acerca de fuentes de energía futuras y la necesidad de reducir emisiones dañinas, ha llevado al establecimiento de varios programas subvencionados. Consecuentemente se ha convertido en un sector de importancia dentro del mercado.

La naturaleza modular de la tecnología fotovoltaica, significa que el costo unitario de la energía producida casi no es afectada por la escala del sistema (no hay economías de escala). La existencia de instalaciones solares favorece a una comunidad incrementando el valor de sus propiedades, por ejemplo, un nuevo negocio abierto en un local con instalación fotovoltaica no deberá pagar eternamente un precio por la electricidad, sino una amortización que termina en algún momento y que es más barata que ésta. La corriente y la potencia del panel solar aumentan casi proporcionalmente con la radiación solar.

Entre las características más importantes de los generadores fotovoltaicos, se destacan las siguientes:

- ✓ Utilizan una fuente de energía natural renovable, la energía primaria es sin costo y no requiere de transformación o producción previa. Su instalación es sencilla y modular.
- ✓ El sistema de generación no altera el medio ambiente requiriendo solamente de la superficie necesaria para la instalación de los paneles además no produce ruidos, no produce erosión, ni ningún tipo de impacto al medio ambiente.
- ✓ El sistema fotovoltaico permite soluciones individuales, lo que facilita abordar localidades alejadas de la red y con viviendas dispersas entre sí. Por lo tanto, permite a las localidades aisladas acceder al suministro eléctrico dado que la solución mediante la extensión de red no es factible.

### **Agentes del sistema descentralizado (Generación Distribuida)**

Por la propia naturaleza de los sistemas descentralizados, se debe esperar una variedad mayor de agentes propios que en el caso tradicional, dominado por empresas eléctricas ordenadas en la cadena generación-transporte-suministro a clientes finales.

Aquí, esta cadena clásica pierde sentido, ya que los negocios clave se pueden considerar centrados en la aportación de valor añadido directo a los usuarios del sistema desde un frente triple:

1. Suministradores de tecnología del equipamiento clave, en forma de pequeñas unidades distribuidas extensamente.
2. Suministradores de energía primaria e interconexión, el papel más parecido a las empresas energéticas clásicas.
3. Suministradores de servicios energéticos, tanto desde el punto de vista de las soluciones energéticas integrales como la intermediación en mercados energéticos, siempre desde el punto de vista de la transformación de los productos energéticos en bienes de comercio.

### **Agentes basados en tecnología**

La tecnología de los sistemas descentralizados presenta, desde su origen, una variedad muy notoria de soluciones teóricamente aptas para un alto factor de penetración en el mercado, ya que prácticamente todas comparten niveles similares de eficiencia, sencillez y respeto medioambiental; se plantea una novedosa situación de competencia entre los distintos proveedores de equipos clave para estos sistemas, situación que no tenía cabida dentro de los sistemas centralizados, en los que la posesión de la tecnología era uno de los rasgos distintivos de su agente principal, la empresa de servicio energético vertical.

Las empresas que suministren los pequeños y numerosos equipos que formen los sistemas descentralizados serán de tamaño y productos muy variables, y su éxito vendrá ligado en gran medida a la posesión, directa o indirecta, de una tecnología clave para la economía o la usabilidad de sus productos.

### **Agentes basados en suministro de energía de red e interconexión**

El usuario final de soluciones energéticas distribuidas debe contar, en un caso supuestamente típico de generación a partir de una fuente de energía distribuida en red con capacidad de compra-venta a una red eléctrica existente, con soluciones a ambos tipos de interconexión. Parece que este sería un terreno donde las empresas energéticas procedentes del sistema centralizado podrían tomar ventaja con respecto a cualquier otro competidor, dado que cuentan con parte de las infraestructuras y competencias apropiadas.

## Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas



La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas se puede realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, distinguiremos entre aplicaciones autónomas y aplicaciones conectadas a la red.

*Fig. No.04: Instalación Solar.*

Fuente: [www.suelosolar.com](http://www.suelosolar.com)

### Aplicaciones autónomas:

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Estas a su vez pueden distinguirse en dos bloques:

### Aplicaciones espaciales:

Sirven para proporcionar energía eléctrica a elementos ubicados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, la Estación Espacial Internacional, la investigación en esta área propició el desarrollo de los equipos fotovoltaicos tal y como los conocemos en la actualidad.

### Aplicaciones terrestres:

Entre los que cabe mencionar los profesionales:

- ✓ Telecomunicaciones: telefonía rural, vía radio; repetidores (de telefonía, televisión, etc.)
- ✓ Electrificación de zonas rurales y aisladas: estas instalaciones, que se pueden realizar en cualquier lugar, están pensadas para países y regiones en desarrollo y todas aquellas zonas en que no existe acceso a la red eléctrica comercial.
- ✓ Señalización: se aplica por ejemplo, a señales de tráfico luminosas, formadas por diodos emisores de luz, alimentados por un panel solar y batería.
- ✓ Alumbrado público: se utiliza en zonas en las que resulta costoso llevar una línea eléctrica convencional.



- ✓ Bombeo de agua: estas instalaciones están pensadas para lugares tales como granjas, ranchos, etc. Se pueden realizar en cualquier lugar. Su uso puede ser tanto como para agua potable como para riego.
- ✓ Redes VSAT: redes privadas de comunicación que actúan a través de satélite. La energía solar se utiliza para alimentar las estaciones de red.

### **Aplicaciones conectadas a la red:**

En ellas el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importantes los kilovatios generados de esta forma.

- Centrales fotovoltaicas y huertos solares: recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se hay establecido el contrato. La energía vendida puede estar a nombre de una persona, una sociedad, etc. Cada instalación tiene su propietario y todos ellos se ubican en el mismo lugar. Esto posibilita mejoras en el mantenimiento de la instalación, vigilancia, pólizas de seguro, etc.



*Fig. No.05: Huerto Solar.*

*Fuente: [www.talimaienergiarenovable.com](http://www.talimaienergiarenovable.com)*

- Edificios fotovoltaicos: es una de las últimas aplicaciones desarrolladas para el uso de la energía fotovoltaica. La rápida evolución en los productos de este tipo ha permitido el uso de los módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran visual. Además, la energía fotovoltaica es el sistema de energías renovables más adecuado para la generación de electricidad en zonas urbanas sin provocar efectos ambientales adversos.

La mayoría de estos sistemas han sido integrados en tejados, porque es allí donde alcanzan la máxima captación de energía solar, pero últimamente se está comenzando a integrarlos en muros y fachadas, en las que, por ejemplo el vidrio es reemplazado por módulos de láminas delgadas semitransparentes. Al momento de realizar este tipo de instalaciones se tienen en cuenta consideraciones estéticas, además de las relacionadas con el rendimiento energético.

## Elementos de una instalación solar fotovoltaica

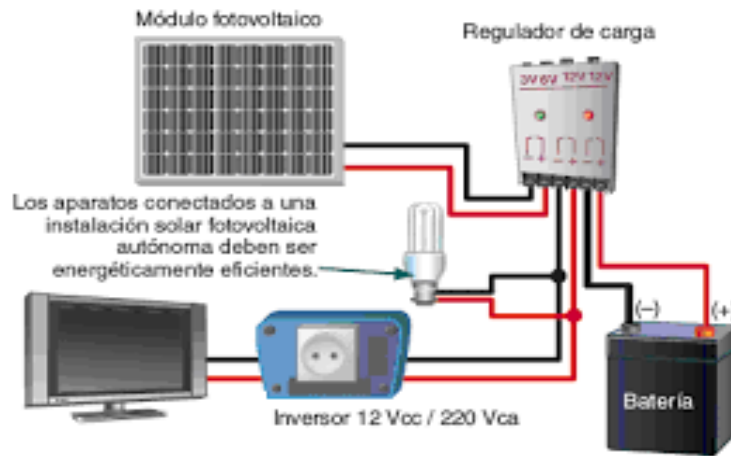


Fig. No.06: Elementos de una Instalación Solar.

Fuente: [www.autoconsumosi.com](http://www.autoconsumosi.com)

### 1. La celda solar

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

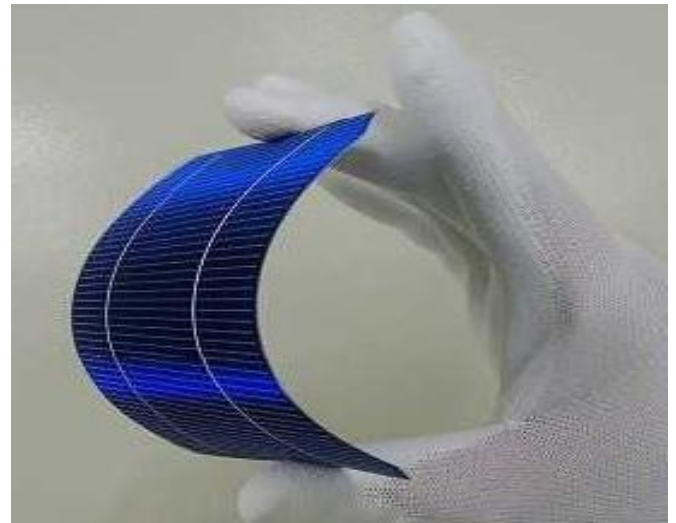


Fig. No.07: Celda Solar.

Fuente: [www.revistamadretierra.com](http://www.revistamadretierra.com)

## Parámetros fundamentales de la celda solar:

- ✓ Corriente de iluminación ( $I$ ): la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.
- ✓ Corriente de oscuridad: es debida a la recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor.
- ✓ Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectado a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.
- ✓ Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ): máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitadas.

## Potencia de la celda solar:

La potencia que proporciona una célula de tamaño estándar es muy pequeña, por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas, con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de panel solar o modulo fotovoltaico. Según la conexión que se haga de las células, se pueden encontrar diferentes posibilidades:

- ❖ Conexión en serie: permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- ❖ Conexión en paralelo: permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

## Parámetros principales:

- ✓ Curvas características: a la hora de trabajar con los paneles solares nos interesa saber que datos proporciona el fabricante, con el fin de utilizarlos adecuadamente. En los catálogos aparecen todos aquellos parámetros que son de utilidad a la hora de realizar el diseño de la instalación. Se debe tener cuidado ya que los valores proporcionados por el fabricante son obtenidos siempre en determinadas condiciones de irradiación solar y temperatura ambiente.
- ✓ Agrupamiento de paneles: dependiendo de la instalación que se esté realizando, y de la aplicación para la que se ha diseñado, existe la posibilidad de utilizar un solo panel o un conjunto de paneles que se montarán agrupados sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente. En las aplicaciones de poca potencia, es posible hasta la utilización de paneles solares flexibles, que permitirán aplicaciones como alimentar un equipo de comunicaciones, recargar la batería del teléfono, etc.
- ✓ Conexión de paneles: cuando se necesita una potencia elevada que no se puede obtener con un solo modulo fotovoltaico, se recurre a la conexión en grupo de varios paneles solares. Dicha conexión se realiza por la parte posterior de los mismos, en una caja de conexiones. Esta caja contiene los diodos de protección, que solo dejarán pasar la corriente en un solo sentido y se opondrán a la circulación de corriente en sentido contrario.

## 2. Panel solar

Un panel solar o modulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectados eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión, que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.



*Fig. No.08: Panel Solar.*

*Fuente: [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com)*

### Principales características de los paneles solares:

- ✓ Soporte: debe proporcionar una rigidez estructural adecuada, con vistas a la instalación del módulo.
- ✓ Cables de conexión: se encuentran en una caja en la parte trasera del módulo.
- ✓ Marco del panel: permitirá la instalación sobre un determinado soporte.
- ✓ Conexionado: el panel debe ser fácil de instalar. Las células solares que forman el panel van conectadas entre sí en serie o en paralelo. Su asociación desde el punto de vista eléctrico proporciona el nivel adecuado de tensión e intensidad para el que ha sido diseñado el panel solar.
- ✓ Encapsulado: protege al módulo de la intemperie; es muy importante que el módulo esté protegido frente a la abrasión, la humedad y los rayos ultravioleta. El encapsulante también protege las células y las conexiones ante posibles vibraciones.
- ✓ Vidrio: es lo que recubre al panel y sirve como protección para las células solares ante los fenómenos atmosféricos.

### Tipos de paneles solares

Vienen dados por tecnología de fabricación de las células y son fundamentalmente:

- Monocrystalino: es obtenido de silicio puro fundido y dopado con boro. Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí. Su rendimiento directo varía entre el 15-18% y su rendimiento laboratorio es de 24%.
- Policristalino: se obtiene de igual manera que el monocrystalino pero se disminuye el número de fases de cristalización. La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules. Su rendimiento directo varía entre el 12-14% y su rendimiento laboratorio varía entre el 19-20%.
- Amorfo: tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico. Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células. Su rendimiento directo es menor que el 10% y su rendimiento laboratorio es de 16%.

### 3. Regulador

Para un correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador y tienen como misión evitar situaciones de carga y sobredescarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil. El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar a descarga excesiva de la batería.



Fig. No.09: Regulador.

Fuente: [www.es.aliexpress.com](http://www.es.aliexpress.com)

Dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la de la batería, si no existiera regulador se podrían producir sobrecargas. El motivo de que esta tensión nominal de los paneles sea así se debe fundamentalmente a dos razones:

- 1) Atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura.
- 2) Asegurar la carga correcta de la batería. Para ello la tensión  $V_{oc}$  del panel deberá ser mayor que la tensión nominal de la batería.

El dimensionado de la instalación solar se realiza de manera que se asegura el suministro de energía en las peores condiciones de luminosidad del sol. Por ello se toman como referencia los valores de irradiación en invierno. Esto puede provocar que en verano la energía apartada por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble de los cálculos estimados, por lo que, si no se conecta el regulador entre los paneles y las baterías, el exceso de corriente podría llegar incluso a hacer hervir el electrolito de los acumuladores, con el riesgo que ello conlleva.

#### Tipos de reguladores

- ✓ **Según tecnología del interruptor:**  
Relé electromecánico. Estado sólido (MOSFET, IGBT)
- ✓ **Según estrategia de desconexión del consumo:**  
Por tensión  
Por algoritmos de cálculo del estado de carga  
Por algoritmos de gestión de la energía.
- ✓ **Según posición del interruptor de control de generación:**  
Serie  
Paralelo

El regulador debe proteger tanto la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá llevar sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas para cada uno de los casos. En los catálogos se indica el tipo de regulación que lleva, el tipo de batería que se puede conectar a la salida del equipo, así como todas las alarmas que proporciona ante un mal funcionamiento, y las protecciones que lleva.

#### 4. Acumuladores. Tipos de baterías



Fig. No.10: Batería.

Fuente: [www.ehudobiny.sk](http://www.ehudobiny.sk)

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o de las estaciones del año, pero existen otras muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir un aumento de la nubosidad en un determinado instante.

Por esta razón es necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías que son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica, estas son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares o a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- ❖ Almacenar energía durante un determinado número de días.
- ❖ Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- ❖ Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

Uno de los parámetros más importantes que se debe tener en cuenta a la hora de elegir un acumulador es su **capacidad**. La que se define como la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa del acumulador partiendo de un estado de carga total del mismo. Se mide en amperios hora, y se calcula como el producto de la intensidad de descarga del acumulador durante el tiempo en el que está actuando.

Además de su capacidad, se debe considerar otros parámetros en los acumuladores que se van a utilizar en las instalaciones fotovoltaicas, los cuales son detallados a continuación:

- **Eficiencia de carga:** relación entre la energía empleada para recargar la batería y la energía realmente almacenada. Interesa que sea un valor lo más alto de lo posible. Si la eficiencia es baja, será necesario aumentar el número de paneles solares para obtener los resultados deseados.
- **Autodescarga:** proceso mediante el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.
- **Profundidad de descarga:** cantidad de energía, en tanto por ciento, que se obtiene de la batería durante una determinada descarga, partiendo del acumulador totalmente cargado. Está relacionada con la duración o vida útil del acumulador. Si los ciclos de descarga son cortos, la duración del acumulador será mayor que si se somete a descargas profundas.

Además de los parámetros eléctricos, las características que serían deseables para las baterías a utilizar en las instalaciones solares son:

- Buena resistencia al ciclado (proceso de carga-descarga).
- Bajo mantenimiento.
- Ampliar reserva del electrolito.
- Depósito para materiales desprendidos.
- Vasos transparentes.

## **Tipos de baterías**

Las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. A continuación se presenta la Tabla 01 donde se comparan los principales tipos de baterías que hay en el mercado, a través de sus características básicas.



<b>Tipos De Batería</b>	<b>Plomo-acido</b>	<b>Ni-Cd (níquel-cadmio)</b>	<b>Ni-Mh (níquel-metal hydride)</b>	<b>Li ion(ion litio)</b>
<b>Tensión por vaso (V)</b>	2	1,2	1,2	3,6
<b>Tiempo de recarga</b>	8-16 horas	1 hora	2-4 horas	2-4 horas
<b>Autodescarga por mes</b>	< 5%	20%	20%	6%
<b>Nº ciclos</b>	Medio	Elevado	Medio	Medio-Bajo
<b>Capacidad (por tamaño)</b>	30-50 Wh/kg	50-80 Wh/kg	60-120 Wh/kg	110-160 Wh/kg
<b>Precio</b>	Bajo	Medio	Medio	Alto

*Tabla 01. Tipos de baterías con características básicas.  
Fuente: Propia*

Las baterías más utilizadas en las instalaciones solares son las de plomo-acido, por las características que presentan. Dentro de este tipo de baterías se pueden encontrar diversos modelos, los cuales se presentan en la siguiente tabla 1.2 con las ventajas y desventajas que pueden presentar.

<b>Tipos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Tubular estacionaria</b>	Ciclado profundo. Tiempos de vida largos. Reserva de sedimentos.	Precio elevado. Disponibilidad escasa en determinados lugares.
<b>Arranque (SLI, automóvil)</b>	Precio. Disponibilidad.	Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. Tiempos de vida cortos. Escasa reserva de electrolito.
<b>Solar</b>	Fabricación similar SLI. Amplia reserva de electrolito. Buen funcionamiento en ciclados medios.	Tiempos de vida medios. No se recomienda para ciclados profundos y prolongados.
<b>Gel</b>	Escaso mantenimiento	Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V.I

*Tabla 02. Ventajas y desventajas de los tipos de baterías de plomo-acido.  
Fuente: Propia*



En aquellas instalaciones en las que se va a tener descargas profundas, se van a elegir baterías tubulares estacionarias, así como en las instalaciones en las que se necesite una capacidad elevada. Tal y como se da en las instalaciones autónomas de viviendas.

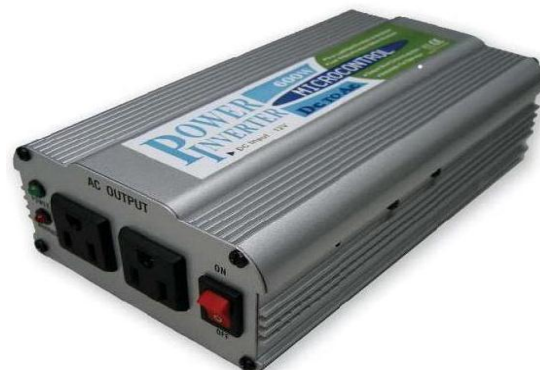
Si la instalación solar es de pequeña dimensión, o de muy difícil mantenimiento, se deben elegir baterías de gel, y se debe vigilar que no se produzcan ciclos de descarga profundos. Un ejemplo puede ser una instalación solar que alimenta un pequeño repetidor en lo alto de un monte.

A la hora de elegir los acumuladores, es importante tener en cuenta el efecto de la temperatura sobre los mismos. La capacidad aumenta a medida que sube la temperatura, y viceversa disminuye cuando baja la temperatura del lugar donde se encuentra ubicada. Si se prevé la posibilidad de que existen temperaturas por debajo de 0 °C en el lugar de la instalación, se debe elegir un acumulador de capacidad mayor que la calculada en el dimensionado de la instalación, con el fin de que no haya problemas en su funcionamiento.

La construcción del acumulador se realiza conectando vasos individuales hasta obtener las condiciones de tensión y capacidades requeridas en la instalación que se están realizando, en el caso de la utilización de baterías tubulares estacionarias.

## 5. El inversor

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz. Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a la red y estará presente en la mayoría de las instalaciones autónomas, sobre todo en aquellas destinadas a la electrificación de viviendas.



*Fig. No.11: Inversor.*

*Fuente: [www.conermex.com](http://www.conermex.com)*

La misión del inversor en las instalaciones autónomas es proporcionar una corriente alterna como la de la red eléctrica, con el fin de que se puedan conectar a la misma electrodomésticos de los utilizados habitualmente en las viviendas. En este caso las variaciones que pueda sufrir la corriente que no tienen la importancia que en el caso de los inversores de las instalaciones conectadas a la red.

En el caso de las instalaciones conectadas a la red, el inversor debe proporcionar una corriente alterna que sea de las mismas características de la red eléctrica a la que está conectado, tanto en forma (senoidal) como en valor eficaz (230V) y sobre todo en la frecuencia (50Hz); no se permiten prácticamente variaciones, con el fin de evitar perturbaciones sobre la red eléctrica de distribución.

La principal diferencia entre las dos instalaciones es que en las autónomas se cuenta con los acumuladores para almacenar la energía y los reguladores de carga de los mismos, mientras que en las instalaciones conectadas a la red, la energía no se almacena sino que se pone a disposición de los usuarios a través de la red eléctrica según se produce.

En este tipo de instalaciones existirán equipos de medida, tanto de la energía que se vende a la red eléctrica como el propio consumo de la instalación productora.

Las características deseables para un inversor DC-AC se pueden resumir de la siguiente manera:

- ✓ Alta eficiencia: debe funcionar bien para un amplio rango de potencias.
- ✓ Bajo consumo en vacío: es decir, cuando no hay cargas conectadas.
- ✓ Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque.
- ✓ Protección contra cortocircuitos.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida: debe ser compatible con la red eléctrica.

### **Inversores en instalaciones conectadas a la red (Grid Tie Inverter)**

Como se mencionaba anteriormente, este equipo electrónico es el elemento central de una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica. Además de realizar la conversión de corriente continua a corriente alterna, el inversor debe sincronizar la onda eléctrica generada con la de la corriente eléctrica de la red, para que su compatibilidad sea total. El inversor dispone de funciones de protección, para garantizar tanto la calidad de la electricidad vertida a la red como la seguridad de la propia instalación y de las personas.

Los parámetros que determinan las características y prestaciones de un inversor son los siguientes:

**Potencia:** determinará la potencia máxima que podrá suministrar a la red eléctrica en condiciones óptimas. La gama de potencias en el mercado es enorme; sin embargo, para los sistemas domésticos existen desde 50W, hasta potencias de varios kilovatios. Muchos modelos están pensados para poderlos conectar en paralelo, a fin de permitir el crecimiento de la potencia total de la instalación.

**Fases:** normalmente los inversores cuya potencia es inferior a 5 kw son monofásicos. Los mayores de 15 kw suelen ser trifásicos. Muchos modelos monofásicos pueden acoplarse entre sí para generar corriente trifásica.

**Rendimiento energetico:** debe ser alto en toda la gama de potencias a las que se trabajará. Los modelos actualmente en el mercado tienen un rendimiento medio situado en torno al 90%. El rendimiento del inversor es mayor cuanto mas próximos se encuentran a su potencia nominal y, con el fin de optimizar el balance energetico, es primordial hacer coincidir la potencia pico del campo fotovoltaico y la potencia nominal del inversor. Si se quiere tener un funcionamiento óptimo de la instalación, la potencia de pico del campo fotovoltaico nunca debe ser menor que la potencia nominal del inversor.

**Protecciones:** el inversor debe incorporar algunas protecciones generales, que, como mínimo, serían los siguientes:

- Interruptor automático: dispositivo de corte automatico, sobre el cual actuaran los relés de mínima y máxima tensión que van a controlar la fase de la red de distribucion sobre la que está conectado el inversor.
- Funcionamiento (en isla): el inversor debe contar con un dispositivo para evitar la posibilidad de funcionamiento cuando ha fallado el suministro eléctrico o su tensión ha descendido por debajo de un determinado umbral.
- Limitador de la tension y frecuencia máxima y mínima.
- Protección contra contactos directos.
- Protección contra sobrecarga y cortocircuito

Es deseable que el estado de funcionamiento del inversor quede reflejado en indicadores luminosos o en una pantalla. También sería conveniente que el inversor ofreciera la posibilidad de ser monitorizado desde un ordenador. Si en la instalación se incluyen determinados sensores, puede aportar datos de radiación, generación solar, energía transformada a corriente alterna, eficiencia, etc.

Al arrancar los inversores, hay que esperar un tiempo hasta que empiezan a funcionar porque tienen que sincronizarse con la red. Para conseguir el mejor rendimiento de la instalación, el sistema de control de los inversores trabaja detectando continuamente el punto de máxima potencia (MPPT) de la característica tensión-corriente de los paneles fotovoltaicos. La situación de dicho punto de máxima potencia es variable, dependiendo de diversos factores ambientales, como variaciones en la radiación solar recibida o por variaciones de la temperatura de los paneles. La sensibilidad del circuito detector del punto de máxima potencia es de 30W y el tiempo de respuesta en la búsqueda del nuevo punto oscila entre 2 y 10 segundos.

A partir de los parámetros de la red eléctrica, de la situación del sincronismo, y el seguimiento del punto de máxima potencia, el sistema de control principal del inversor comunica al generador de forma de onda senoidal las acciones a realizar en cada momento.

Durante los períodos nocturnos el inversor permanece parado vigilando los valores de tensión del bus DC del generador fotovoltaico. Al amanecer, la tensión del generador fotovoltaico aumenta, lo que pone en funcionamiento el inversor que comienza a inyectar corriente en la red si la potencia disponible en paneles supera un valor umbral o mínimo.

A continuación se describe el funcionamiento del equipo frente a situaciones particulares:

**1. Fallo en la red eléctrica:** en el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de circuito abierto, en este caso el inversor se desconecta por completo y espera que se restablezca la tensión en la red para iniciar de nuevo su funcionamiento.

**2. Tensión fuera de rango:** si la tensión de red se encuentra fuera del rango de trabajo aceptable, tanto si es superior como si es inferior, el inversor interrumpe su funcionamiento hasta que dicha tensión vuelva a encontrarse dentro del rango admisible. A partir de 250 Vca el equipo reduce la potencia a fin de no incrementar más esta tensión. Si a pesar de esta reducción la tensión sobrepasa 255 Vca, se parará.

**3. Frecuencia fuera de límites:** si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo el inversor se para inmediatamente pues esto indicaría que la red es inestable o está en modo isla.

**4. Temperatura elevada:** el inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección. Está calculado para un rango de temperaturas similar al que puede haber en el interior de una vivienda. En el caso de que la temperatura ambiente se incremente excesivamente o accidentalmente se tapen los canales de ventilación, el equipo seguirá funcionando pero reducirá la potencia de trabajo a fin de no sobrepasar internamente los 75°C. Esta situación se indica con el LED de temperatura intermitente. Si internamente se llega a 80°C, se parará y el intermitente se quedará fijo iluminado.

**5. Tensión del generador fotovoltaico baja:** en este caso, el inversor no puede funcionar. Es la situación en la que se encuentra durante la noche, en días muy nublados o si se desconecta el generador solar. El LED de paneles estará fijo apagado.

**6. Intensidad de generador fotovoltaico insuficiente:** los generadores fotovoltaicos alcanzan el nivel de tensión de trabajo a partir de un valor de radiación solar muy bajo (de 2 a 8mW/cm<sup>2</sup>). Cuando el inversor detecta que se dispone de tensión suficiente para iniciar el funcionamiento.

El sistema se pone en marcha solicitando potencia del generador fotovoltaico. Si el generador no dispone de suficiente potencia debido a que la radiación solar es muy baja, el valor de intensidad mínima de funcionamiento no se verifica, lo que genera una orden de parada del equipo. Y posteriormente se inicia un nuevo intento de conexión. El intervalo entre intentos es aproximadamente de 3 minutos

## 6. Contador eléctrico

El equipo para la medida de la energía eléctrica consumida es un contador eléctrico o meter el cual consta de tres elementos principales, como son el sistema de medida, el elemento de memoria y el dispositivo de información. En este sentido el contador eléctrico realiza la función de interfaz de la red con el usuario.



*Fig. No.12: Contador Eléctrico.*

*Fuente: [www.mercadoenergia.com](http://www.mercadoenergia.com)*

**Los equipos eléctricos de medida de energía eléctrica pueden clasificarse según sus características:**

Tecnológicos: pueden ser contadores electromecánicos o electrónicos (contadores de estado sólido).

Funcionales: como monofásicos o trifásicos.

Energéticos: pueden ser contadores de activa y/o contadores de reactiva.

Operativos: pueden ser dispositivos de tipo registrador o programables que permiten telegestión.

**Los equipos de tipo registrador pueden ser de las dos tecnologías:**

Electromecánicos: que permiten medir solamente un tipo de energía, KWH acumulados o KVAH acumulados, no poseen discriminación tarifaria siendo los contadores estándar electromecánicos de inducción.

Electrónicos: permiten medir solamente energía acumulada, registran la medida de energía total mensual o por intervalos de tiempo predefinidos. Contemplan comunicación bidireccional básica entre el medidor y el servidor de datos, permitiendo a partir de esta tecnología las medidas de tiempo de utilización.

**Los equipos programables de medida son de tipo electrónico:**

Advanced Meter Infrastructure (AMI): estos equipos permiten la lectura del consumo de la energía acumulada o de la potencia instantánea, admiten opciones de precios diferenciados por tipo de medida y registros de la demanda, o programación de intervalos de carga previamente acordados con cada cliente. Permiten comunicación en red con la oficina de gestión.

Smart Meters: estos equipos proporcionan mediante el centro de gestión la información y el control de los parámetros de calidad y de programación del servicio junto con la actualización del software de medición de forma telemática. Contempla la comunicación ampliada en red con el gestor y con los equipos locales de consumo.

Algunos de los nuevos servicios y aplicaciones que requiere la generación distribuida y el consumo sostenible, exigen la lectura de datos en tiempo real para aspectos a nivel de sistema como la gestión de recursos y supervisión, además de aspectos a nivel de usuario como la facturación automática o el control del consumo energético.

Esta forma de lectura de datos con los nuevos equipos Smart Meter se basan en la capacidad de gestionar tanto los contadores como el gran volumen de datos medidos.

El sistema Smart Meter utiliza una tecnología de medidores de estado sólido programables que proporciona una comunicación bidireccional entre el medidor en el hogar o negocio y la compañía de servicios, utilizando una tecnología de red inalámbrica segura.

El medidor eléctrico digital Smart Meter de estado sólido registra lecturas de medidor por hora y las transmite de forma periódica a través de una red de radiofrecuencia.

Estos medidores están equipados con radio de red, la cual transmite los datos del medidor a un punto de acceso de la red eléctrica, el sistema utiliza la tecnología de malla de radiofrecuencia, que permite que los medidores y otros dispositivos de detección enruten datos de forma segura a través de medidores y relés cercanos, con lo cual se crea una malla de cobertura de red. Los medidores Smart Meter pueden actualizar de forma remota, lo que proporciona la capacidad de implementar futuras innovaciones de forma fácil y segura.

El punto de acceso de la red eléctrica recopila datos de los medidores cerca de los medidores eléctricos y transfiere estos datos de forma periódica a través de una red celular. Todos los dispositivos habilitados para la red de radiofrecuencia se conectan con otros dispositivos habilitados para red, que funcionan como repetidores de señal, el dispositivo de punto de acceso agrega, encripta y envía los datos a la compañía de servicios a través de una red comercial.

La red de malla resultante puede abarcar grandes distancias y transmitir datos de forma confiable a través de terrenos irregulares y difíciles. Si un medidor u otro transmisor se desconecta de la red, los otros dispositivos encuentran otra ruta. La malla optimiza la ruta constantemente para asegurar que la información se pase desde su fuente hasta su destino, de la forma más rápida y eficiente posible.

El Smart Meter incluye como mínimo los siguientes suplementos: control de energía mediante un ICP programable que establece el límite de consumo, un puerto HAN y servicios de tarificación bajo demanda. La estructura general del contador mantiene los tres elementos principales como son el sistema de medida, la memoria y el dispositivo de información principal que es ahora el sistema de comunicaciones. Para ampliar sus capacidades operativas se le añaden los siguientes elementos complementarios: Sistemas de alimentación, Procesador de cálculo, procesador de comunicaciones y dispositivo de accionamiento o control.

## **Generación Distribuida con conexión a red casos de estudio**

### **Consideraciones Generales**

Cuando se comienza a conocer una metodología novedosa como es la de la Generación Distribuida, lo primero que se viene a la mente es la pregunta ¿Cómo me beneficio de ella?

Por ello se debe iniciar este cálculo respondiendo la pregunta formulada. Sí. Es posible beneficiarse haciendo uso de la Generación Distribuida. En Nicaragua desde algún tiempo atrás existe el Subsidio al sector domiciliario que consume en un mes de facturación, lo cercano a 150Kwh.

Y la reducción neta aplicada es del orden del 50%. Esto quiere decir que si el consumo es de 150Kwh o menor, lo facturado no excederá los 450 córdobas (un poco más de 16 dólares al cambio actual). Si por el contrario con solo 1Kwh por encima de 150 Kwh, es decir 151 Kwh automáticamente la factura se incrementará x encima de los 900 córdobas, o sea que se duplica.

Como esta tecnología es relativamente nueva y por tanto de un precio no tan accesible, pero que tampoco es inalcanzable, en el ejemplo siguiente se consideró un consumo de 450Kwh, lo que implica que su factura rondará fácilmente por varios miles de córdobas, y trataremos de llevarlo a conseguir el subsidio. Obvio que este no aplica para los sectores comerciales e industriales

Esto se logrará utilizando un Sistema de Generación Distribuida Fotovoltaica conectada a red para lograr que en las horas de sol el sistema genere energía y la inyecte a la red y que mientras el sol alimenta los paneles solares en el día, esa energía sea descontada del total diario por el equipo de medición.

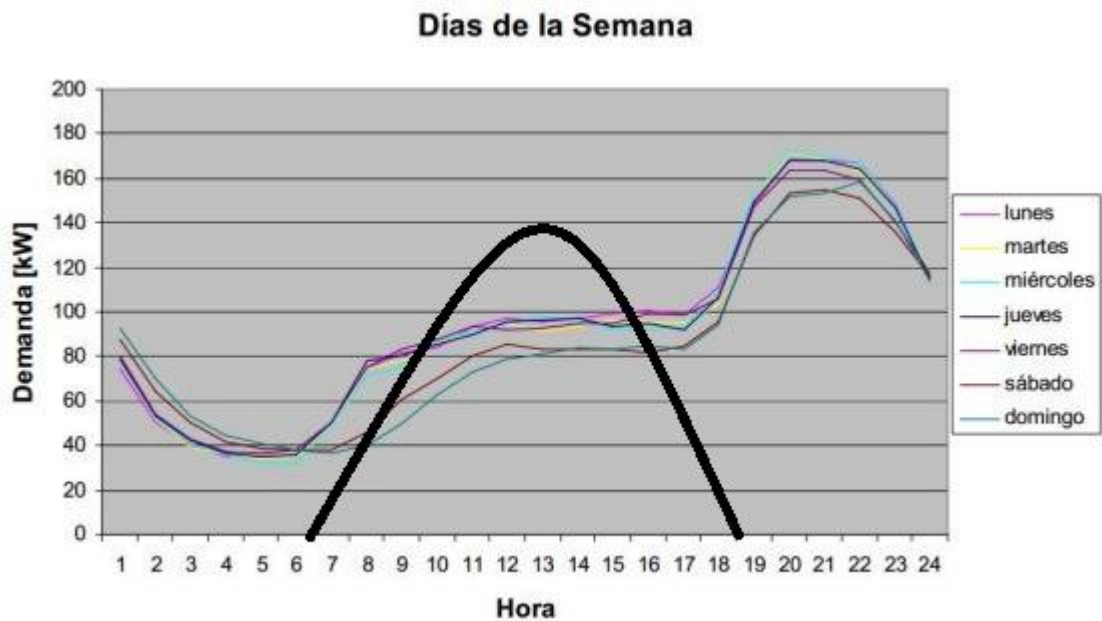
Es muy importante que la producción del sistema este por debajo de lo consumido diariamente en forma tradicional para que el medidor no la registre como consumida, cosa que ocurriría si la producción solar del sistema supera la del consumo diario tradicional, haciendo que los conductores del medidor se calienten y este comience a descontar para atrás en el caso de los medidores electromecánicos antiguos o sencillamente se bloquee en el caso de los medidores modernos.

Esto acontece porque los medidores actuales en nuestro país no son bidireccionales, sino que son unidireccionales esto indica que miden la energía que pasa nada más hacia las cargas y no las que pueden provenir de otra fuente conectada al mismo medidor.

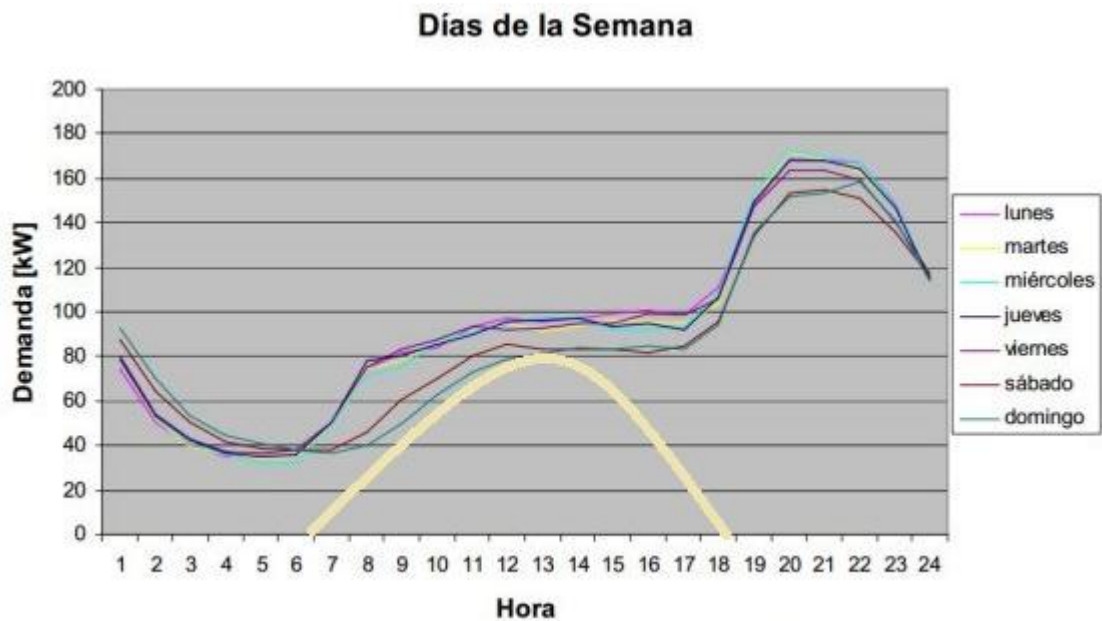
Se puede decir que en el caso de la Generación Distribuida Solar que produce menos del total diario tradicional, cuando entra al medidor vía inversor inteligente, esta energía la cual está sincronizada con la de la red, se suma algebraicamente con la entregada por la distribuidora.

Como resultado, el disco o contador del medidor girará más lentamente y solo marcará la diferencia resultante entre lo tradicional y lo producido por la Generación Distribuida Solar.

Ambos casos se aprecian en las figuras siguientes.



*Fig. No.13: Consumo no permitido para el medidor.  
Fuente: Propia*



*Fig. No.14: Consumo permitido para el mercado  
Fuente: Propia*



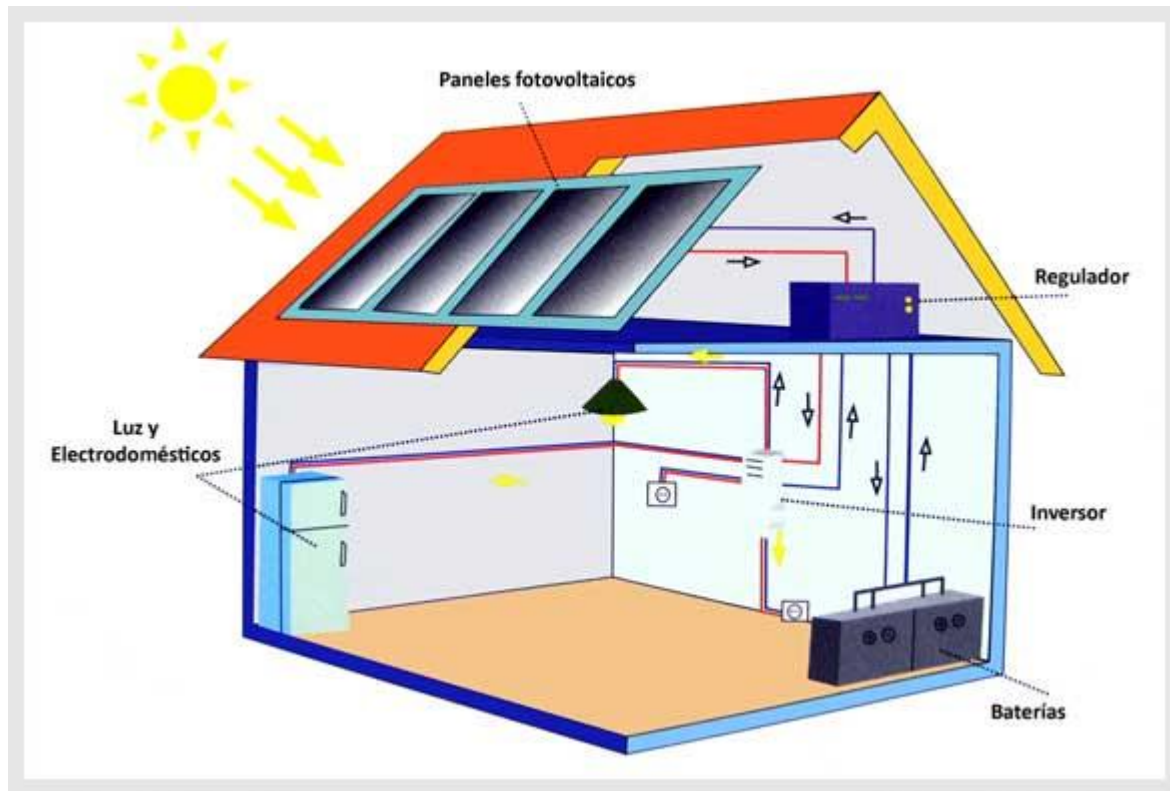
Volviendo al cálculo del sistema de Generación Distribuida Solar para uso Domiciliario solo resta decir que para la producción total de la energía de los paneles se considera la radiación solar en Managua, Nicaragua que anda entre 5 y 6 Kwh/m<sup>2</sup>/día, por lo que se elige 5.5 Kwh/m<sup>2</sup>/día.

Hasta el día de hoy cualquier panel construido solo es capaz de Manejar 1 Kw/m<sup>2</sup>, lo que significa que al dividir la radiación solar entre lo que el panel es capaz de manejar de la misma, obtenemos 5.5 horas efectivas para captarla diariamente.

Esto no quiere decir que el sol se desaprovecha, sino que nos da la eficiencia de los paneles, que es del 18.18%.

Una diferencia importante de este sistema (Generación Distribuida Solar) no utiliza controladores de carga como lo hacen los sistemas aislados ya que esta función la realiza el inversor inteligente.

En la presentación de los tres sistemas mencionados, se omiten los censos de carga porque se trabaja en base a consumos. Tampoco se dibujan las plantas arquitectónicas porque nos bastara con la imagen general de cómo está conectado el inversor al panel en una casa. Tal como se ve en la imagen.



*Fig. No.15: Conexión del inversor al panel en una casa.*

*Fuente: [www.chingenieria.cl](http://www.chingenieria.cl)*

En el sistema Domiciliar será el único en que se usaran baterías, debido a que nuestro sistema se apaga cuando no hay red o cuando desaparece el sol, y las baterías quedan como respaldo para ser usado en labores de emergencia solamente.

Se podría haberle anexado a los otros dos sistemas, pero eso lo vuelve aún más caro de lo que ya resulta por la cantidad de baterías involucradas. Todos los sistemas cuentan con Paneles solares, conectados en grupos serie paralelo para maximizar su eficiencia en relación al inversor y con medios de conexión y desconexión antes y después del inversor para conectar tanto los paneles como el inversor mismo.

### Caso 1. Sistema domiciliar

Se escoge un usuario que tiene una facturación de 465 Kwh al mes, lo que implica un consumo de 15kwh x día. Como el objetivo es lograr el subsidio debemos reducir el consumo diario al menos a 5Kwh.



*Fig. No.16: Caso Domiciliar*

*Fuente: [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)*

Se selecciona un inversor Marca Outback que maneja 2Kw entre 61V y 123V de corriente directa entrante, una corriente máxima de 16Amp y que entrega 120V de corriente alterna saliente. Al trabajar con las 5.5 horas de radiación solar el inversor lograra manejar 11kwh, que al ser restados con los 15kwh tradicionales, queda 4Kwh que está por debajo de los 5kwh máximos para obtener el descuento.

Se procede a hacer el cálculo de los paneles solares necesarios. Para ello se selecciona la marca BYD cuyas características más importantes son:

<b>Voltaje máximo de operación</b>	<b>28.67V (Corriente directa)</b>
<b>Corriente máxima de operación</b>	<b>8.02A (Corriente directa)</b>
<b>Potencia del panel solar seleccionado</b>	<b>230W</b>

*Tabla 03. Características del panel solar para Sistema Domiciliar.*

*Fuente: Propia*

Se divide la potencia del inversor sobre la potencia del panel de la siguiente manera:

$$2000W / 230W = 8.69 \text{ Paneles.}$$

Donde:

Potencia del Inversor: 2000W

Potencia del Panel Solar: 230W

Se debe ajustar el voltaje máximo de los paneles resultantes en arreglos de al menos 2 ramas para que de esta manera sea económico y eficiente.

Como son prácticamente 9 y no es recomendable hacer ramas desiguales se define que si se multiplica el voltaje máximo del panel por la cantidad de paneles queda:

$$28.67 \times 9 \text{ paneles} = 258.03V$$

Esto no resulta factible dado que el inversor lo más que maneja son 123V.

Pero si se multiplica:

$$28.67V \times 4 \text{ paneles} = 115V$$

Esto indica que al unirlos en serie, la corriente máxima en cada rama sería de 8.02Amp. Como son 2 ramas de 4 paneles en serie y ambas ramas en paralelo, tenemos que al final el arreglo quedaría con 115V y 16.04Amp.

El arreglo quedaría conectado como se ve en la siguiente figura:

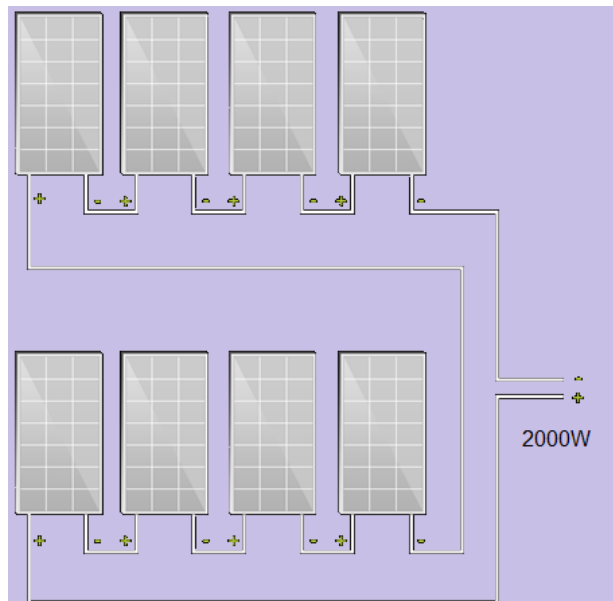


Fig. No.17: Arreglo de paneles del sistema domiciliario.

Fuente: [www.recosun.com](http://www.recosun.com)

Pero para el sistema domiciliario se utilizan baterías así que aún falta realizar el cálculo de las baterías que serán utilizadas. Entonces como el inversor mandará a cargar dichas baterías, se tiene que la potencia de la batería es de 2Kw y esto se multiplica por las 3 horas en que estará siendo cargada, lo que significa que serían 6Kwh. Y como el sistema trabaja a 12V se divide la potencia total de la batería sobre el voltaje al que estará trabajando:

$$6000\text{wh}/12\text{V}= 500\text{Amp.}$$

Donde:

Potencia de la batería: 6000Wh

Voltaje: 12V

Pero las baterías no deben descargarse por completo, así que se van a descargar a la mitad para cuidar al máximo su vida útil. Eso implica que de 500Amp se pasa a 1000 Amperios. Se buscan las capacidades comerciales de baterías y se elige una de 200Amp, con lo que se realizara un seriado de 6 baterías para un total de 1200Amph tal como se observa en la figura.

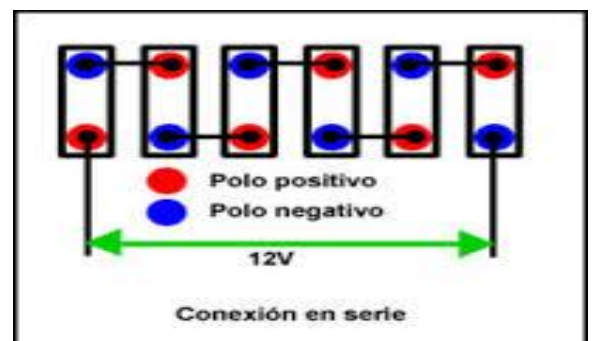


Fig. No.18: Seriado de Baterías.

Fuente: [www.solete.nichese.com](http://www.solete.nichese.com)

Como ya se ha visto se ha logrado reducir de 15Kwh a 4Kwh produciendo 11Kwh en las horas de sol y enviándolas a la red. Solo queda por hacer el presupuesto para conocer cuánto se debe gastar para poder instalar un sistema como este, el cual se presenta a continuación:

Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Total
Panel 230W	8	U\$ 250	U\$2000
Inversor de 2Kw	1	U\$2000	U\$ 2000
Bateria de 200Amph	6	U\$556	U\$3336
Herrajes y accesorios		U\$1800	U\$1800
Mano de Obra		U\$3897.6	U\$3897.6
<b>Total de la inversion</b>			<b>U\$13,033.6</b>

*Tabla 04. Presupuesto para el desarrollo del Sistema Domiciliar.*

*Fuente: Propia*

## Caso 2. Sistema Comercial

Se elige un grupo de pequeñas oficinas en un edificio corporativo donde la carga consumida mensual es de 120 Kwh. Esto implica que el consumo diario es de 4Kwh. A diferencia del cálculo anterior, en este no habrá baterías con el objetivo de reducir costos y considerando que la mayoría de las oficinas empiezan a trabajar entre las 7 y las 9 am y terminan entre las 3 y las 5pm.



*Fig. No.19: Caso Comercial.*

*Fuente: [www.carlosblanco.com](http://www.carlosblanco.com)*

Esto quiere decir que la carga será constante de manera regular y que toda la energía producida por el sistema será enviada a la red para reducir el pago de la energía mensual. Hay que recordar que en este sistema no se aplica el subsidio.

Se tratará de absorber toda la carga consumida de la red, reemplazándose por un sistema de Generación Distribuida Solar para reducir prácticamente a cero la factura.

Para ello se elige un inversor Fronius que es capaz de manejar de 4 a 5 Kw con un voltaje de entrada entre 150V y 450V y una corriente máxima de 20 Amp. Que es capaz de manejar voltajes de 120V y 240V. Se elige la oferta del mercado de paneles solares uno de 198 W marca Sharp.

<b>Voltaje máximo de operación</b>	<b>26.3Vi (Corriente directa)</b>
<b>Corriente máxima de operación</b>	<b>7.52 (Corriente directa)</b>
<b>Potencia del panel solar seleccionado</b>	<b>198W</b>

*Tabla 05. Características del panel solar para el Sistema Comercial.*

*Fuente: Propia*

Se calcula la cantidad de paneles necesarios para manejar por el inversor. Dividiendo la potencia del inversor sobre la potencia del panel solar.

$$4000W/198W \text{ y eso nos da } 20.20 \text{ paneles de } 198 \text{ W}$$

Donde:

4000W: Potencia del Inversor

198W: Potencia del panel solar

Se hacen arreglos con 10 paneles y se obtiene  $26.3 \times 10$  es 263V lo que está muy lejos de los 450V que maneja el inversor. Probando con 11 y se obtienen 289.3 que está mejor pero aun no llega.

Se usan 12 por rama y se obtienen 315.6 lo que es aceptable porque aunque necesitaría 17 paneles por rama para llegar a los 450V eso implicaría comprar 34 paneles lo que es más costoso que solo comprar 24 en 2 ramas de 12.

Se pudo dejar en 10 paneles por rama tal como indica el cálculo original pero eso habría afectado la eficiencia del inversor por lo que optamos por los 12.

O sea que nos queda como voltaje total 315.6V con una corriente de 15.04Amp



Así que la conexión del sistema queda como se ve en la figura.

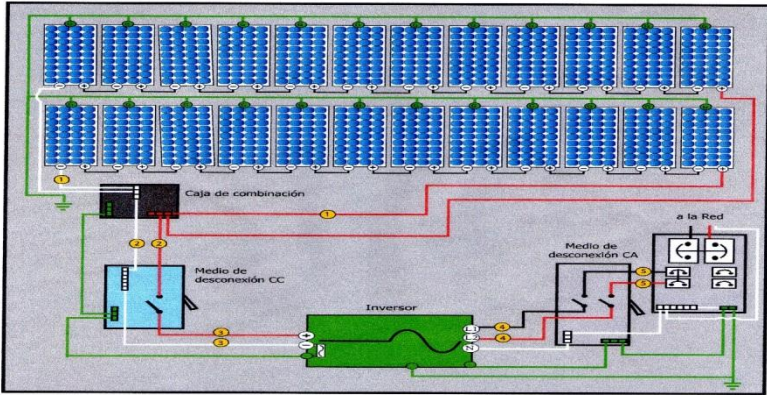


Fig. No.20: Arreglo de paneles para el Sistema Comercial.  
Fuente: Propia

Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Total
Panel 198W	24	U\$ 210	U\$5040
Inversor de 4Kw	1	U\$4000	U\$ 4000
Herrajes y accesorios		U\$2500	U\$2500
Mano de Obra		U\$4039	U\$4039
Total de la inversion			U\$15,579

Tabla 06. Presupuesto para el desarrollo del Sistema Comercial.  
Fuente: Propia

Caso 3. Sistema Industrial

Para este caso, se elige una granja de pollos que consume energía ininterrumpidamente las 24 horas por periodos de 6 semanas que es el tiempo de crianza desde que los pollos nacen hasta que están listos para ser sacrificados. Se considera un consumo diario de 120kwh cuyo valor constante es de 5kw durante cada hora y las cargas son de 120V/240V.



Fig. No.21: Caso Industrial.  
Fuente: [www.proyectorperuanos.com](http://www.proyectorperuanos.com)

Esto lleva a utilizar un inversor Marca Sunny boy de 5kw con entrada de 125V a 450V y corriente máxima de 2 x15Amp. Con una corriente máxima de salida de 22Amp. Así como voltaje de 220V a 240V. El panel que se va a utilizar será el de 235W marca Red Peak Energy con las características siguientes:

<b>Voltaje Máximo</b>	<b>29.06V</b>
<b>Corriente Máxima</b>	<b>8.09Amp</b>
<b>Potencia del panel solar seleccionado</b>	<b>235W</b>

*Tabla 07. Características del panel solar para el Sistema Industrial.*

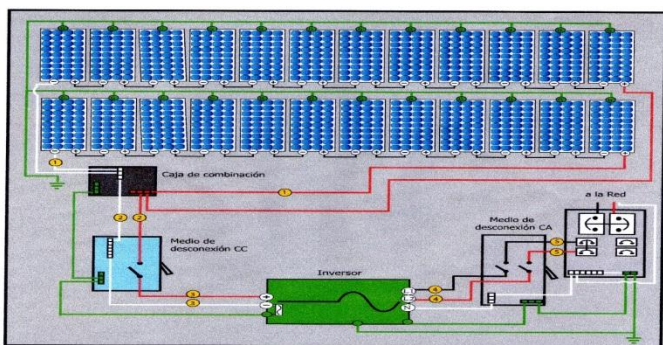
*Fuente: Propia*

Se calcula la cantidad de paneles haciendo la siguiente división:

$5000w/235W$  y lo que resulta en 21.27 paneles.

Se prueba con 10 paneles por rama y se tiene:  $29.06V \times 10$  que es igual a 290.6V. Si se hace con 11 se obtiene 319.6V y si lo hacemos con 12 obtenemos 348V. Para poder obtener lo más cercano a 450V deberían ser 15 paneles por rama por lo que nos quedamos con 12 paneles por rama. O sea que nos queda como voltaje total 348V y una corriente de 16.18Amp

Por lo que el arreglo quedaría como se muestra en la siguiente figura:



*Fig.No.22: Arreglo de conexión del Sistema Industrial.*

*Fuente: Propia*

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Panel Solar	24	U\$250	U\$6000
Inversor de 5Kw	1	U\$5000	U\$5000
Herrajes y Accesorios		U\$2500	U\$2500
Mano de Obra		U\$4725	U\$4725
Total		U\$18225	U\$18225

*Tabla 08. Presupuesto para el desarrollo del sistema industrial.*

*Fuente: Propia*



## **Ventajas y desventajas de la Generación Distribuida Solar**

Lo presentado a continuación se aplica para los tres casos de estudio como lo son, sistema domiciliario, comercial e industrial.

### **Ventajas.**

- ✓ Materia prima gratuita, disponible en toda Nicaragua.
- ✓ Se puede usar tanto para uso individual como para un complejo comercial como industrial
- ✓ El tipo de carga no es una limitación, sirve tanto para iluminación como para fuerza.
- ✓ Tampoco lo es el tipo de sistema, puede ser monofásico, bifásico o trifásico.
- ✓ El espacio disponible para su instalación no es muy grande, puede ser en techos o en el piso, y esto es gracias a las diferentes combinaciones serie paralelo que se pueden hacer.
- ✓ Fácil y rápida instalación.
- ✓ Silenciosa operación, por la ausencia de partes móviles o rotatorias.
- ✓ Mantenimiento prácticamente nulo más en los sistemas conectados a red.
- ✓ En los sistemas que usan Baterías su mantenimiento es mínimo.
- ✓ Variedad de marcas y modelos de acuerdo a la necesidad disponibles en el mercado nacional.
- ✓ De fácil reemplazo o ampliación de sus elementos.
- ✓ Eco amigable
- ✓ De fácil reciclaje

### **Desventajas**

- ✓ Costos iniciales altos.
- ✓ No se pueden usar para conseguir bonos verdes.
- ✓ Compañía distribuidora no permite medidores bidireccionales.
- ✓ Poca propaganda del uso y beneficio de los sistemas.
- ✓ Ausencia de regulación estatal.
- ✓ Pocas compañías trabajan con conexión a red en Nicaragua.
- ✓ Ausencia de políticas gubernamentales que permitan la masiva importación de los componentes para hacerlos más accesibles a la sociedad en general.
- ✓ Poca o ninguna comunicación entre estado, distribuidora y compañías que instalan estos sistemas.
- ✓ Inversores Grid Tie Inverter disponibles en el mercado de potencias superiores a 1.5Kw.

## La Generación Distribuida Solar y el Medio Ambiente.

El uso de sistemas de Generación Distribuida renovables entre los que obviamente se destacan los sistemas que usan paneles solares reduce la emisión de contaminantes a la atmósfera. También al no tener motores, o no ser máquinas, no hay presencia de ruido en el ambiente, que es también otra forma de contaminación, y penada actualmente en Nicaragua.



*Fig. No.24: Generación Solar y el Ambiente.  
Fuente:*

Cualquier sistema de Generación Distribuida puede influir en la emisión de contaminantes debido a la reducción de pérdidas energéticas que ocasiona, tal como el de CO<sub>2</sub> en 2012: -8% de reducción respecto 1990, por lo que se espera que la reducción de CO<sub>2</sub> en 2020: -20%

La ventaja económica de disminución en redes de transporte y centros de transformación, implica una reducción del impacto visual, mejor aceptación social y menores inversiones. Como resultado, los sistemas de Generación Distribuida Solares poseen una opción de mayor valor añadido que las grandes plantas productoras, además de que las zonas para las grandes plantas productoras cada vez son más escasas, y los sistemas GDS no necesitan de tanto espacio para funcionar, así como el desecho de sus elementos no contamina.

De todo lo utilizado en la Generación Distribuida Solar, solamente los que usan baterías de plomo de ciclo profundo deben reciclar cuidadosamente este material, único contaminante potencial de los sistemas mencionados. Los países con mayor éxito en el crecimiento del uso de Recursos Renovables para la generación de Electricidad lo han logrado gracias a la implementación de políticas energéticas que incentivan la generación con recursos renovables.

En la actualidad, existen dos formas en los países europeos, que siempre nos llevan la delantera en estos temas, para motivar la utilización de recursos renovables para la generación de energía Eléctrica:

1. Conocido como Feed in Tariff o por sus siglas en ingles REFIT (Renewable Energy Feed in Tariff)
2. QuotaSystem (Sistema de Cuotas) y certificados verdes.

En la primera, existe una menor intervención del ente Regulador ya que en el mercado, la energía renovable se vende a través del operador del mercado o a través de contratos bilaterales al mismo precio de mercado, mas bonos adicionales.

1. Las desventajas de REFIT (Renewable Energy Feed in Tariff) son los periodos de los contratos bilaterales, ya que a veces son muy extensos, por lo que en ocasiones sistemas con alta ineficiencia acarrear sobrecostos que van en detrimento de un sistema con economía eficiente y la efectividad de su estructura valorativa solo ha sido valorada en el uso del sistema eólico, energía como la biomasa, solar, geotérmica, entre otras han experimentado crecimientos mínimos debido a que los esquemas de promoción y los procedimientos administrativos no son atractivos para los inversionistas.

Aunque tiene tarifas diferenciales para cada tipo de energía, los generadores de energía renovable han manifestado su inconformidad, con este valor, debido a que han demostrado que con ese valor no se refleja el costo real de administración operación y mantenimiento de la energía renovable en todas sus variedades.

Según los generadores, esto se debe a una falta de actualización de los costos de funcionamiento las nuevas tecnologías. El concepto de certificados verdes tiene como fortaleza el incentivo a la inversión en RET (Renewal Energy Technologies), ya que los generadores disponen de dos ingresos: La venta de certificados verdes y la venta de los Kwh. Además los generadores de Energía Renovable pueden vender su energía en el mercado de corto plazo.

Las debilidades principales de este tipo de sistema, el quotasystem, es que existe un solo tipo de certificado verde, independientemente del origen de la ER. Esto hace que las tecnologías ER menos maduras no puedan desarrollarse tanto, pues siempre sus costos de inversión original son más altos, creando obvias disparidades a la hora de comprar energía proveniente de uno u otro tipo.

Con todo lo anterior, lo que se pierde es tiempo. Un tiempo valioso porque los grandes productores de Energía Renovable, no se ponen de acuerdo con los Gobiernos para que las leyes de promoción de inversión en Energía Renovable puedan cada vez, eliminar obstáculos para el reemplazo de combustibles fósiles.

Por tanto las emisiones de CO<sup>2</sup> seguirán aumentando y mientras en Europa y los estados unidos así como los países del primer mundo, no puedan ponerse de acuerdo en temas tan sensibles como estos, no será posible que soluciones como la Generación Distribuida en cualquiera de sus formas contribuya al manejo, reducción y eliminación de la contaminación.

Y el tiempo apremia. Ya en américa, los estragos de la contaminación, se hacen sentir, con la perforación de la capa de ozono, en chile y argentina en zonas como el balneario de Bariloche y cerca de Santiago en chile.

En Nicaragua, el cambio climático, ya se comienza a sentir, con veranos más calurosos, lluvias cada vez mayores pero más distanciadas en el tiempo unas de otras y temperaturas cambiantes a lo largo del año.

Es por ello que iniciativas como la Generación Distribuida Solar, propuesta en esta tesis, en alguna medida, coadyuvara al desarrollo de iniciativas de ER que muestren una vía por donde se puede empezar a resolver un poco, la contaminación global, que cada día que pasa, comienza a hacer estragos en nuestro país.

## **Conclusiones**

1. Se logró seleccionar el tipo de Generación Distribuida a utilizar, siendo escogida la Generación Distribuida Solar Fotovoltaica.
2. Se determinó la aplicabilidad de la Generación Distribuida Solar a nivel Domiciliar, Comercial e Industrial por medio de cada caso de estudio.
3. Se mostraron las ventajas y desventajas de la Generación Distribuida Solar a nivel Domiciliar, Comercial e Industrial.
4. Finalmente, se relacionó la Generación Distribuida Solar con el Medio Ambiente.

## **Recomendaciones**

Con el presente trabajo no se pretendía abarcar todo lo relativo a la Generación Distribuida, ya que es una tecnología que a pesar de ser nueva se encuentra en constante desarrollo. Es por ello que la comparación de costos entre la Generación Distribuida con un Sistema Fotovoltaico y un Sistema Eólico sería más que deseable, y lo sería aún más entre el Sistema Fotovoltaico y un Generador Tradicional, con miras a ver si alguno de ellos en términos técnicos, económicos y ambientales sería más accesible a la población en general. Entonces queda esto, como una propuesta de una tesis derivada de la presente, lo que vendría a contribuir todavía más, en aspectos que en este documento no se abordan.

## Bibliografía

- 1) España, H. (2008). Generación Distribuida por medio de energías alternas y su influencia en la evolución del sistema eléctrico secundario de distribución tradicional. Tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
- 2) González-Longatt Francisco M. (2008). Generación Distribuida una Introducción. Recuperado de <http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SistGD/PPTIntro.pdf>
- 3) Fundación Gas Natural. (2003). Generación Eléctrica Distribuida. España: SYL
- 4) Generación Distribuida-Suelo solar. (s.f). Recuperado el 4 de mayo de 2015, de [www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=7092.pdf](http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=7092.pdf)
- 5) Generación distribuida, solución al subsidio eléctrico. (s.f). Recuperado el 1 de octubre de 2015, de <http://energiaadebate.com/generacion-distribuida-solucion-al-subsidio-electrico/>
- 6) Componentes de una instalación solar fotovoltaica. (s.f). Recuperado el 30 de agosto de 2015, de <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- 7) Sistema Smart Meter<sup>TM</sup> -como funciona. (s.f). Recuperado el 24 de agosto de 2015, de <http://www.pge.com/es/myhome/customerservice/smartmeter/howitworks/index.page>
- 8) El concepto de Smart Metering en el nuevo escenario de distribución eléctrica. (s.f). Recuperado el 24 de agosto de 2015, de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf;jsessionid=65D0355EBF94A2415796E030F7FDD2C9?sequence=1>
- 9) Generación eléctrica distribuida con energía renovable. (s.f). Recuperado el 28 de septiembre de 2015, de <http://www.iie.org.mx/reno99/tenden.pdf>

Modelos de los paneles solares utilizados

BYDP6-30					
Type	P <sub>m</sub>	*V <sub>m</sub>	*I <sub>m</sub>	*V <sub>OC</sub>	*I <sub>SC</sub>
BYD220P6-30	220	28.29	7.80	36.18	8.40
BYD225P6-30	225	28.49	7.91	36.36	8.44
BYD230P6-30	230	28.67	8.02	36.75	8.50
BYD235P6-30	235	29.06	8.09	37.07	8.69
BYD240P6-30	240	29.55	8.12	37.54	8.90
BYD245P6-30	245	30.06	8.15	37.80	8.94
BYD250P6-30	250	30.40	8.22	38.00	8.98
BYD255P6-30	255	30.99	8.23	38.70	8.99

# 198 WATT SHARP

## ND-198UC1

NEC 2008 Compliant

Module output cables now 12 AWG with locking connectors

ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Maximum Power (Pmax)*	198 W
Tolerance of Pmax	+10%/-5%
Type of Cell	Polycrystalline silicon
Cell Configuration	54 in series
Open Circuit Voltage (Voc)	32.9 V
Maximum Power Voltage (Vpm)	26.3 V
Short Circuit Current (Isc)	8.23 A
Maximum Power Current (Ipm)	7.52 A
Module Efficiency (%)	13.4%
Maximum System (DC) Voltage	600 V
Series Fuse Rating	15 A
NOCT	47.5°C
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.485%/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.36%/°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053%/°C

\*Measured at (STC) Standard Test Conditions: 25°C, 1 kW/m<sup>2</sup> insolation, AM 1.5

## Inversor utilizado en Sistema Comercial

### Fronius USA System Configuration Tool Overview



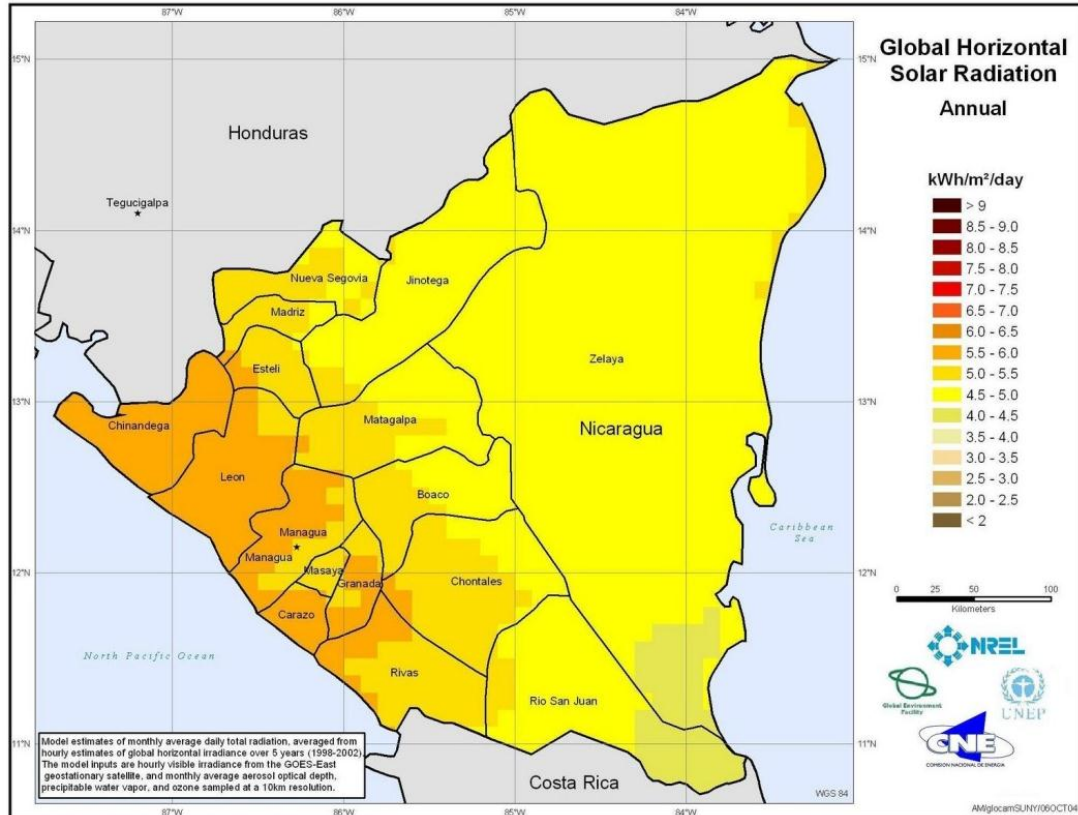
Thank you for using the Fronius USA System Configuration Tool. By using this tool, you agree to verify all calculations for yourself. Fronius is providing this tool to assist you, but as local and state codes and system conditions vary from site to site, it is not always possible for software to completely account for all of these. The following are some guidelines that should be followed when using the System Configuration Tool:

**Inverter Model:** Select the inverter that is most appropriate for your needs.

#### IG series

Inverter	Max AC output	Nom AC output	AC Voltage	DC Input Voltage
IG 2000	2000 W	1800 W	240 V	150-500 V
IG 3000	2700 W	2500 W	240 V	150-500 V
IG 2500-LV	2350 W	2150 W	208 V	150-500 V
IG 4000	4000 W	4000 W	240 V	150-500 V
IG 5100	5100 W	5100 W	240 V	150-500 V
IG 4500-LV	4500 W	4500 W	208 V	150-500 V

## Mapa Solar de Nicaragua

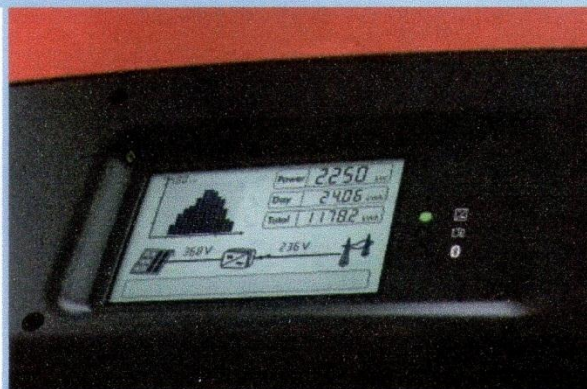
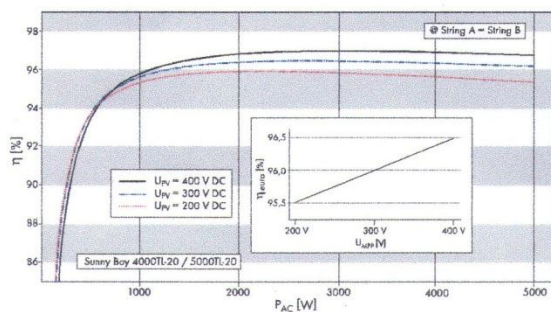




# Datos técnicos SUNNY BOY 4000TL / 5000TL

	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máxima de CC	4300 W	5300 W
Tensión máxima de CC	550 V	550 V
Rango de tensión fotovoltaica, MPPT	125 V - 440 V	125 V - 440 V
Corriente máx. de entrada	2 x 15 A	2 x 15 A
Número de seguidores de MPP	2	2
Número máximo de Strings (en paralelo)	2 x 2	2 x 2
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia nominal de CA	4000 W	4600 W
Potencia máxima de CA	4000 W	5000 W
Corriente máx. de salida	22 A	22 A
Tensión nominal de CA / rango	220 V - 240 V / 180 V - 290 V	220 V - 240 V / 180 V - 290 V
Frecuencia de red de CA (de ajuste automático) / rango	50 Hz, 60 Hz / $\pm 5$ Hz	50 Hz, 60 Hz / $\pm 5$ Hz
Factor de potencia (cos $\phi$ )	1	1
Conexión de CA	Monofásica	Monofásica
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx.	97,0 %	97,0 %
Rendimiento europeo	96,2 %	96,5 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Protección contra polarización inversa (CC)	●	●
Seccionador de carga de CC ESS	●	●
Resistencia al cortocircuito (CA)	●	●
Controlador permanente de aislamiento	●	●
Monitorización de red (SMA grid guard)	●	●
Protección diferencial integrada sensible a la corriente universal	●	●
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho x alto x fondo) en mm	470 x 445 x 180	470 x 445 x 180
Peso	25 kg	25 kg
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Consumo característico: funcionamiento (stand-by) / nocturno	< 10 W / < 0,5 W	< 10 W / < 0,5 W
Topología	sin transformador	sin transformador
Sistema de refrigeración	OptiCool	OptiCool
Lugar de montaje: interior / en intemperie (electrónica IP65, área de conexiones IP54)	●/●	●/●
<b>Características</b>		
Conexión de CC: MC3 / MC4 / Tyco	○/●/○	○/●/○
Conexión de CA: terminal de muelle	●	●
Display gráfico	●	●
Interfaces: Bluetooth / RS485	●/○	●/○
Garantía: 5 años / 10 años	●/○	●/○
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Iberica.com	www.SMA-Iberica.com
● Equipamiento de serie ○ Opcional	Datos en condiciones nominales (datos provisionales, a agosto de 2008)	

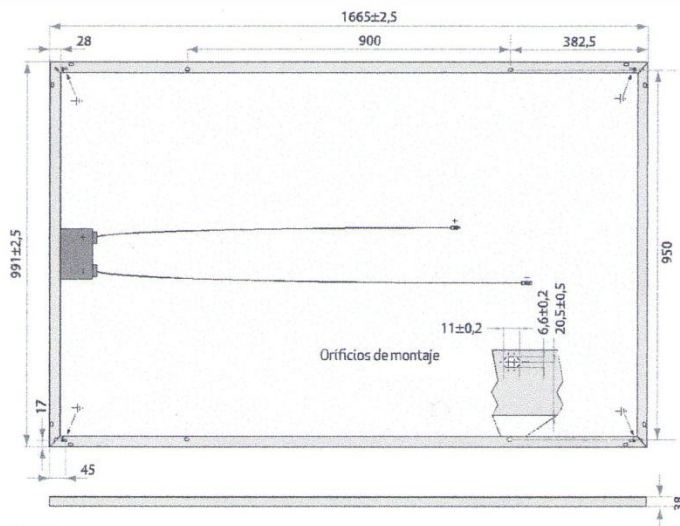
Curva de rendimiento



www.SMA-Iberica.com  
Freecall 00800 SUNNYBOY  
Freecall 00800 78669269

SMA Solar Technology AG





Dimensiones del módulo en mm.

#### PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC

	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal - $P_{MPP}$ (Wp)	235	240	245	250	255	260
Clasificación de la clase de potencia - (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión nominal - $V_{MPP}$ (V)	29,5	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7
Corriente nominal - $I_{MPP}$ (A)	8,06	8,17	8,23	8,30	8,42	8,50
Tensión a circuito abierto - $V_{OC}$ (V)	36,6	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8
Corriente de corto circuito - $I_{SC}$ (A)	8,66	8,75	8,80	8,86	8,95	9,01
Eficiencia del módulo (%)	14,2	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8

Los datos analizados demuestran que el 99,7% de los módulos tienen una tolerancia de corriente y tensión del  $\pm 3\%$  respecto al valor nominal. Valores en condiciones estándares de medida STC (masa de aire AM1,5, irradiancia 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de la célula 25°C). En bajas radiaciones de 200 W/m<sup>2</sup> y condiciones STC (1,5 AM y Temperatura de célula de 25°C) es posible obtener, al menos el 97% de la eficiencia.

#### PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NOCT

	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal - $P_{MPP}$ (Wp)	179	183	187	189	193	197
Tensión nominal - $V_{MPP}$ (V)	27,5	27,7	28,1	28,3	28,5	29,0
Corriente nominal - $I_{MPP}$ (A)	6,51	6,58	6,64	6,68	6,77	6,81
Tensión a circuito abierto - $V_{OC}$ (V)	34,2	34,4	34,7	35,0	35,3	35,7
Corriente de corto circuito - $I_{SC}$ (A)	6,96	7,03	7,08	7,12	7,21	7,24

Temperatura nominal de la célula (NOCT) 800 W/m<sup>2</sup>, AM1,5, velocidad del viento 1m/s, temperatura ambiente 20°C.

#### CERTIFICADOS



IEC 61215 y IEC 61730, IEC 62716 (resistencia al amoníaco) & IEC 61701 (corrosión en presencia de niebla salina - nivel 6).



Miembro del PV Cycle

#### GARANTÍA

10 años de garantía de producto  
25 años de garantía de la potencia nominal lineal  
(máxima degradación de rendimiento del 0.7% p.a.)

15,8% EFICIENCIA

10 AÑOS DE GARANTÍA DE PRODUCTO

25 AÑOS DE GARANTÍA DE LA POTENCIA NOMINAL LINEAL

#### PARÁMETROS TÉRMICOS

Temp. de operación nominal de la célula (NOCT)	45,7°C ( $\pm 2^\circ$ C)
Coefficiente de temperatura para $P_{MPP}$	-0,40%/°C
Coefficiente de temperatura $V_{OC}$	-0,27%/°C
Coefficiente de temperatura $I_{SC}$	0,024%/°C

#### DATOS GENERALES

Tipo de célula:	60 células policristalinas REC PE 3 cadenas de 20 células con diodos de derivación
Cristal:	Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflectante
Lámina posterior:	Doble capa de poliéster de alta resistencia
Marco:	Aluminio anodizado
Caja de conexiones:	IP 67 Cable solar 4mm <sup>2</sup> , 0.90 m + 1.20 m
Conectores:	MC4 (4 mm <sup>2</sup> ) Conexión MC4 (4 mm <sup>2</sup> ) Radox de cierre por torsión (4 mm <sup>2</sup> )

#### LÍMITES OPERATIVOS

Margen de temperatura del módulo:	-40 ... +80°C
Voltaje máximo del sistema:	1000V
Máxima carga de nieve:	550 kg/m <sup>2</sup> (5400 Pa)
Máxima carga de viento:	244 kg/m <sup>2</sup> (2400 Pa)
Capacidad máxima del fusible:	25A
Máxima Corriente Inversa:	25A

#### DATOS MECÁNICOS

Dimensiones:	1665 x 991 x 38 mm
Área:	1,65 m <sup>2</sup>
Peso:	18 kg

**¡Atención!** Las especificaciones están sujetas a cambios sin notificación previa.



www.recgroup.com

REC es una empresa líder global que suministra soluciones de electricidad solar. Con casi dos décadas de experiencia, ofrecemos productos renovables de alto rendimiento, servicios y oportunidades de inversión para empresas electrónicas y solares. Junto a nuestros socios creamos valor ofreciendo soluciones que mejor se ajustan a las crecientes necesidades globales de electricidad. Nuestros 2.300 empleados en todo el mundo generaron ingresos por más de 7 mil millones de coronas noruegas en 2012, aproximadamente 1000 millones de Euros o 1.300 mil millones de dólares.